

# AUTOMAÇÃO, CONTROLE E SUPERVISÃO DE UM TANQUE DE MISTURA E HOMOGENIZAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO COM PLC E IHM

Desireê Siqueira\*  
Elizangela M. Oliveira\*\*  
Éric F. Alves\*\*\*  
Flávio M. Araújo\*\*\*\*  
Ronaldo T. Santos\*\*\*\*\*  
Thiago G. Seixas\*\*\*\*\*  
Wesley Oliveira\*\*\*\*\*  
Luís F. Quintino\*\*\*\*\*  
Alexandre A. Andrade\*\*\*\*\*

## RESUMO

O mercado de medicamentos no Brasil, com o passar dos anos, vem se tornando cada vez mais competitivo. Na área de produção de fármacos, a qualidade, sigilo e economia na produção são aspectos importantes para estudo, devido a esses produtos serem de grande importância na manutenção da saúde da população e da qualidade que esses produtos devem ter devido à exigência de órgãos regulamentadores. Desta forma, este artigo tem como objetivo propor um breve estudo sobre a otimização de uma empresa do ramo de fármacos com o uso de um Sistema supervisório integrado a um Controlador Lógico Programável que contemplarão o sistema de mistura já implantado, como solução para problemas gerados da produção manual por meio de operadores.

**Palavras-Chave:** CLP- Fármacos – Homogeneização- IHM- Tanque de Mistura

---

\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: desiree.s@hotmail.com

\*\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: elizamorais.em@gmail.com

\*\*\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: ericalves98@hotmail.com

\*\*\*\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: flavio.araujo@eletricapj.com.br

\*\*\*\*\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: ronaldo.trainotti.santos@gmail.com

\*\*\*\*\* Bacharel em Engenharia Eletrônica com Ênfase em Automação Industrial pela Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: thiseixas300@gmail.com

\*\*\*\*\* Professor do departamento de Engenharia da Faculdade Carlos Drummond de Andrade. E-mail: wesley\_oliveira@hotmail.com

\*\*\*\*\* Coordenador da Faculdade de Tecnologia Carlos Drummond de Andrade. E-mail: luis.quintino@outlook.com

\*\*\*\*\* Professor da Universidade Federal do ABC. E-mail: aacacio@ufabc.edu.br

## ABSTRACT

The medicine market in Brazil over the years has become very competitive. At the area of drug production, quality, confidentiality and economy are important aspects for study, because these products are of great importance in maintaining the health of the population and the quality that these products must have due to the requirement of regulatory agencies. In this way, this article propose a short study on the optimization of a pharmaceutical company with the use of a Supervisory System integrated to a Programmable Logic Controller that will contemplate the already implemented mixing system as a solution to problems from the manual production by operators.

**Keywords:** CLP – Drugs – Homogenization – IHM – Mixing Tank.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos o mercado mundial na linha de fármacos obteve um crescimento perto de 110% [ANVISA, 2016]. Atualmente o Brasil ocupa a 6º posição no Ranking mundial de medicamentos, movimentando cerca de 55,89 bilhões de reais por ano. Com um crescimento anual de 49%, estima-se que em 2018, o país atinja a 4º posição no mercado mundial. Esse crescimento ocorreu principalmente a partir de 2000, quando se iniciou a produção de genéricos no Brasil [PRÓGENÉRICOS, 2016]. Com taxa de crescimento superior às demais atividades industriais e a rigidez nas legislações específicas, as indústrias farmacêuticas são forçadas a aprimorar suas técnicas nos processos de produção mantendo a qualidade do produto. Os compostos devem ter as especificações corretas (peso, dosagem, concentração) para surtir o efeito desejado. A integridade do princípio ativo, cápsulas e embalagens que chegam ao consumidor também devem ser levadas em conta. O manuseio dos compostos químicos deve ser adequado para manter-se com o maior grau de pureza, pois do contrário aumenta-se as chances de contaminação do produto. Destaca-se também o risco de contaminação dos operadores em contato com uma grande variedade de substâncias ativas (fármacos) apresentados muitas vezes na forma de particulados [ALENCAR, 2005]. E é na forma de partículas em suspensão (poeiras) que a exposição dos trabalhadores mais se apresenta.

Dentre muitos processos e equipamentos dedicados à área, estão os tanques de mistura de alto desempenho, que têm por função misturar, dissolver, agitar e homogeneizar sistemas sólidos ou qualquer tipo de solução líquida, com ou sem a presença de sólidos. Porém, os fabricantes destes equipamentos produzem misturadores que atendam diversas aplicações e necessidades, algo que leva a uma certa padronização, com um sistema de controle simples, que, muitas vezes não atendem necessidades específicas, como aquela contextualizada acima,

onde exige alto grau de precisão e segurança. Uma solução muito utilizada para automatizar um sistema de pesagem, está no uso de células de carga com controladores dedicados, porém, estes controladores também possuem uma tecnologia limitada, não dispendo de muitas I/O's, tampouco memórias de receitas. Desta forma, o presente artigo apresenta uma proposta de *retrofitting* de um tanque de dosagem, pesagem, mistura e homogeneização de alto desempenho, atualmente equipado com células de cargas e controlador dedicado por um Sistema de Automação baseado em Controlador Lógico Programável e Sistema Supervisório integrado a tecnologia existente, que garantirá total operação remota, sem contato humano com o produto.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

### **a. Processos produtivos e Sistema de Batelada – Batch**

De acordo com os métodos de produção, há três tipos de processos produtivos: Discretos, que tem como característica em sua produção, agregar partes e montagem de componentes, para construir um produto que pode ser medido em unidades, como um carro, avião ou um computador; Processos contínuos, que por meio de reações-químicas, ocorrem transformações na matéria prima de uma maneira continua. Os compostos são inseridos com suas devidas ordens e proporções dentro de um equipamento, e com o adicionamento dos compostos não há a necessidade de interromper o funcionamento do equipamento; e Batelada, que combina características contínuas e discretas. Este processo é encontrado em diversos ramos indústrias, como os de bebidas, especialidades químicas e fármacos. Por meio do processo de batelada, os compostos são submetidos a uma sequencia de atividades de processamento, podendo utilizar um ou mais equipamentos, durante um finito tempo. A batelada possui uma característica contínua, mas separada por intervalos discretos. Um exemplo é o reator utilizado na produção de medicamentos, onde apresenta todas as aferições do processo (temperatura, pressão, velocidade de mistura etc), armazenadas em séries temporais, relacionadas à dados de qualidade do processo. Devido a sua complexidade, o processo por batelada necessita de um gerenciamento específico, onde se armazena e analisa os dados do processo para assegurar a qualidade do produto.

### **b. Tanque de mistura e homogeneização**

O tanque de homogeneização é uma das principais ferramentas do processo, pois nele os compostos são submetidos à agitação mecânica, por meio de impulsores giratórios dentro de

um tempo previamente estabelecido pelo operador, tempo este que é medido desde a adição de um composto, até o momento que a mistura alcance o grau de uniformidade desejada [JOAQUIM, 2007]. Cada tanque de mistura é usado apenas para um tipo de fórmula de remédio, assim evita-se a contaminação ou reações químicas indesejáveis [BARBOSA, 2016].

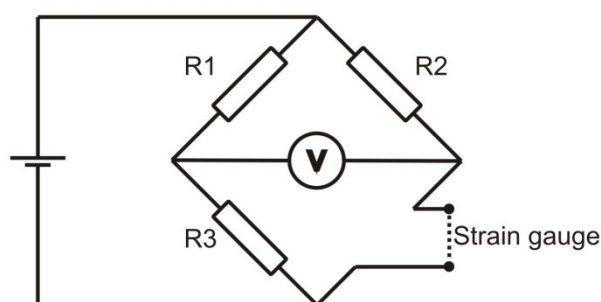
Entre os diversos processos realizados pelo tanque estão a aeração, que consiste no processo de dispersão de gases em líquidos; a convecção que auxilia a transferência de calor e massa, redução de aglomerados de partículas, aceleração de reações químicas para obtenção de materiais com propriedades diferentes dos compostos originais que foram introduzidos no tanque. Há diferentes modelos de tanques de mistura, cada um projetado para um tipo de material. No que se refere a impulsores, existe os modelos de hélices, que são utilizados para agitação de fluidos de baixa viscosidade e não fornece tensão de cisalhamento. Os impulsores de turbinas conferem alta tensão de cisalhamento, muito úteis para a suspensão de sólidos e fluidos viscosos. E por último os modelos de pás que tem como características a velocidade de rotação baixa, fluidos de alta viscosidade, e quando se requer transferência de calor.

### **3 SISTEMA DE PESAGEM AUTOMATIZADO POR CONTROLADOR DEDICADO**

#### **a. Célula de carga**

A célula de carga é um dispositivo eletromecânico, que tem como propriedade a medição das deformações ou a flexão de um corpo transformando-a em tensão. Para a obtenção destes sinais é utilizado um equipamento mecânico que consiste em uma grade de fio metálico sensível, ligado a uma base do extensômetro elétrico de resistência (strain gauge), que tem a função de converter a deformação em tensão. Em conjunto utiliza um circuito elétrico formado por quatro resistores, uma fonte de tensão e um galvanômetro, sendo que destes quatro resistores, apenas três destes sejam conhecidos e para se conhecer a resistência do último resistor, os outros três devem ser ajustados até que sua corrente do galvanômetro caia a zero, convertendo a deformação em tensão (ponte de Wheatstone), conforme Figura 1. A soma dos dois sistemas nos proporciona um sinal em microvolts que é alterada proporcionalmente à medida que se aplica maior peso ou força na estrutura [KAWANO, 2006]

Fig. 1. Ponte de Wheatstone



Fonte: Autor

## b. Dosagem

Os equipamentos de dosagem é outra aplicação importante de células de carga, em que uma determinada fórmula de mistura é estabelecida através dos indicadores de pesagem, que comandam as válvulas, cada vez que é alterada a quantidade de material dos reservatórios. Neste caso, o princípio da dosagem pode ser “contínuo” (com as células de carga instaladas em cada reservatório, subtraindo o valor descarregado do mesmo), ou por “batelada” (em que as células de carga ficam instaladas em um reservatório auxiliar, no qual os tanques, um de cada vez, descarregam o material adicionando valores de acordo com uma fórmula pré-definida). Para o método de dosagem contínuo ou de batelada, deve-se atentar a precisão necessária estabelecida pela fórmula. O processo por batelada necessita de uma maior precisão, dado que a capacidade nominal das células de carga que o suportam é menor do que as instaladas nos reservatórios. Por outro lado, o uso do sistema contínuo permite o controle do nível dos reservatórios que o compõe.

## c. Controlador lógico programável-CLP

O CLP (controlador Lógico Programável) foi desenvolvido para o gerenciamento de diversos tipos e níveis de complexidade, pois ele é um equipamento desenvolvido especificamente para comandar e monitorar máquinas e processos industriais [SIQUEIRA *et al.*, 2017]. Nesse sentido, para Yu, Schüller e Epple, os principais elementos de automação presentes nos atuais sistemas industriais são os controladores lógicos programáveis [YU; SCHÜLLER; EPPLE, 2014]. Por meio do CLP é possível fazer a programação de funções específicas como temporização, lógica, sequenciamento e aritmética, controlando os módulos de saídas que podem ser digitais e analógicos e podem estar conectadas a lâmpadas, contadores, válvulas solenoides, relês e sensores de monitoramento. [SILVA, 2015].

#### d. Interface Homem-Máquina- IHM

Uma IHM (Interface Homem-Máquina) consiste em uma interface gráfica, onde o operador interage com a máquina. Existem 3 tipos de IHM sendo elas: a substituta das botoeiras, a que faz a coleta e tratativa de dados e a de supervisão. Por serem totalmente programáveis e customizáveis, oferecem combinações de gráficos, dados e recursos *touch*. Seu uso na indústria junto com o CLP é de larga escala, pois ambos formam a espinha dorsal de milhares de indústrias. Por meio da IHM o operador tem a possibilidade de supervisionar, controlar e obter dados de todo o sistema de produção, permitindo a análise das informações e a alteração de parâmetros e correções de erros e/ou futuras falhas em todo o processo se houver necessidade, auxiliando também na tomada de decisões.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### a. Situação problema

O processo de mistura e pesagem é composto por dois tanques de armazenamento de insumos constituídos por um sistema pneumático de dosagem, um tanque principal encarregado de aquecer e misturar os compostos e um quarto tanque que tem por função armazenar o produto final antes de ser encaminhado para envase. Tanto o tanque principal como o tanque de armazenamento possuem células de carga controladas por um indicador de pesagem.

O operador inicia a produção através da Folha de Roteiro (Processo de Fabricação), que indica a quantidade e a ordem de entrada dos ingredientes das fórmulas conforme Figura 2.

Fig. 2. Folha de Roteiro

Folha de Roteiro								Revisão:	0.1
Produto: CalmEnjoo								Data:	02/06/2016
Procedimento	Atividades	Quantidade	Tempo Padrão	Tempertura	Pressão	Componente	Equipamento	Analise do composto	Qualidade
1	Inserção	5 litros	NC	NC	NC	Cloridrato de Piridoxina	NC	NC	NC
2	Mistura	NC	1 min	NC	NC	NC	Tanque de mistura	NC	NC
3	Aquecimento	NC	2 min	35° Celsius	20 PSI	NC	Tanque de mistura	Analise	
4	Inserção	25 Litros	NC	NC	NC	Dimenidrinato	NC	NC	NC
5	Mistura	NC	5 min	42° Celsius	33 PSI	NC	Tanque de mistura	Homogenização	
6	Resfriamento	NC	8 min	02° Celsius	NC	NC	Tanque de armazenamento	NC	NC

Fonte: Autor

Manualmente o operador irá iniciar a produção zerando a célula de carga localizada no tanque principal por meio do indicador de pesagem, na sequencia determinará a quantidade necessária dos insumos que serão misturados, conforme Figura 3.

Fig. 3. Indicador de pesagem

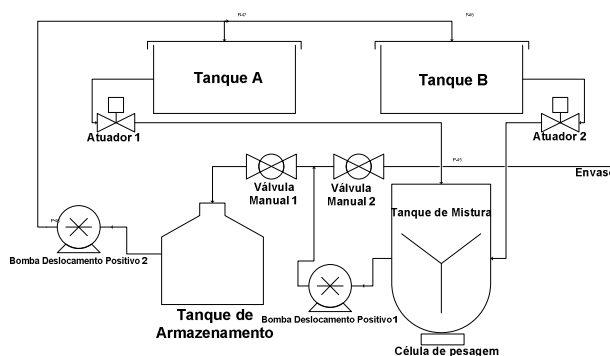


Fonte: Autor

Os tanques são lacrados evitando a contaminação cruzada. É necessário que o operador selecione apenas um tanque por vez, de modo que o composto seja individualmente introduzido no tanque principal. Após seleção do primeiro composto, o operador deve zerar novamente o indicador de pesagem e selecionar a quantidade do próximo composto a ser adicionado ao tanque principal. Esse processo leva, em média, 20 minutos.

Após aquecer e misturar, o produto acabado é enviado por uma bomba de deslocamento para o quarto tanque, onde será armazenado até ser encaminhado para o envase. O tanque de armazenamento também é usado no caso de panes ocasionadas durante a mistura, onde o processo deve ser interrompido e o produto encaminhado para o tanque de armazenamento até que seja solucionada a pane. Se necessário, o tanque de armazenamento também será usado para o resfriamento do material antes do envase. O fluxograma da Figura 4 mostra todas as etapas do processo de mistura.

Fig. 4. Fluxograma do processo de mistura manual



Fonte: Autor

Sempre que ocorrer algum tipo de pane na linha, é acionado um sinal sonoro do sistema de segurança, indicando a existência de anormalidades na produção. Esse controle é feito pelo operador que se desloca ao setor de controle para devida verificação e correção imediata, ou em casos mais graves, a interrupção da produção.

A pesagem e batelada quando executada manualmente aumenta exponencialmente a probabilidade de erros durante o processo. Também pode-se mencionar que a inserção de compostos químicos de forma manual proporciona ao operador total acesso as fórmulas, algo extremamente prejudicial à indústria que tem o sigilo dos procedimentos como um dos principais objetivos durante a produção dos fármacos. Na forma em que o sistema se encontra, nota-se a constante necessidade do operador no controle da produção.

### **b. Solução com CLP e IHM**

Além de otimizar o processo, a automação garante sigilo dos compostos, receitas e dados. Sendo assim, a utilização do CLP e IHM foram indispensáveis para o melhoramento do processo de mistura e homogeneização apresentado. O CLP (Figura 5) armazena os dados das fórmulas, receitas, padrões e normas, que visam facilidade, agilidade e precisão.



Fig. 5. CLP



Fonte: Autor

Desta forma ao receber a demanda dos fármacos, o operador inicia o processo de produção selecionando o produto a ser produzido através da IHM conforme a Figura 6. O CLP por sua vez se encarregará de executar todo o processo de produção, desde a pesagem dos tanques, dosagem, mistura e aquecimento dos insumos sem a necessidade do controle manual. Com o controle do CLP e a interface IHM, todo o processo foi realizado em 12 minutos.

Fig. 6. IHM



Fonte: Autor

Em casos de pane no sistema, o CLP foi programado para rapidamente avaliar o problema e se necessário, a interrupção da produção, direcionando o composto até o tanque de armazenamento. Essa condição é rapidamente visualizada pelo operador através da IHM, que sinaliza em sua tela o dado referente ao processo, emitindo um sinal de falha. Dessa maneira, um único operador pode supervisionar duas ou mais linhas de produção, de uma distância segura evitando o contato com os produtos.

Por meio de protocolos de comunicação industrial, o CLP gera relatórios de qualidade em qualquer etapa do processo, assegurando um alto nível de qualidade e confiabilidade do produto. Caso seja verificado que os níveis de qualidade que foram determinados para mistura são atingidos, o volume homogeneizado é encaminhado com auxílio da bomba de deslocamento até o setor de envase.

A Figura 7 mostra todo o sistema de mistura e pesagem, automatizados por meio do CLP e a IHM.

Fig. 7. Tanque de Mistura automatizado por CLP e IHM



Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com o conteúdo exposto, observa-se a eficiência da automatização do processo de pesagem e mistura de um fabricante de fármaco utilizando PLC e IHM, pois foi comprovada através dos excelentes resultados obtidos. O PLC garante controle total da produção, ciclos de produção mais eficazes e com maior precisão, diminuindo consideravelmente o desperdício de material e tempo entre as bateladas. Através do sistema supervisório é possível gerar relatórios e indicadores, extremamente úteis para o controle, disponíveis a qualquer momento do processo.

O IHM proporciona uma interatividade entre o operador e o processo, facilitando a visualização das falhas, conseqüentemente aumentando o nível de confiabilidade.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se um estudo da implementação do acesso ao sistema de produção pela Internet, onde o ponto de partida para produção do fármaco se iniciará à partir da emissão do pedido no sistema gerando a demanda para linha de produção diretamente via rede.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. 2016: **Dados de crescimento na produção de fármacos**. Acedido em 10 de outubro de 2016 em: <http://portal.anvisa.gov.br/medicamentos-genericos-registrados>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MEDICAMENTOS GENÉRICOS – PRÓGENÉRICOS. 2016: **Dados de crescimento na produção de fármacos**. Acedido em 20 de outubro de 2016 em: <http://www.progenericos.org.br/>

ALENCAR, João Rui Barbosa de. **Riscos ocupacionais na fabricação de medicamentos: análise de uma indústria localizada no Nordeste brasileiro**. *Rev. bras. saúde ocup*, v. 30, n. 112, p. 49-67, 2005.

JOAQUIM JUNIOR, Celso Fernandes et al. Agitação e mistura na indústria. **Agitação e mistura na indústria**, 2007.

BARBOSA, Fabio Alves et al. DESENVOLVIMENTO COLABORATIVO DE UM SISTEMA MÓVEL PARA ENVASAMENTO DE SANEANTES. **REVISTA PRODUÇÃO E ENGENHARIA**, v. 7, n. 1, p. 587-599, 2016.

KAWANO, Daniel Fábio et al. Acidentes com os medicamentos: como minimizá-los. **Rev Bras Ciênc Farm**, v. 42, n. 4, 2006.

SIQUEIRA, Desireê; MORAIS, Elizangela; AIVES, Éric Fernando; MIGUEL, de Araujo Flavio. SANTOS, Ronaldo Trainotti; SEIXAS Thiago Gonçalves; Wesley Barbosa de Oliveira. QUINTINO, Luis F.. Andrade; ALEXANDRE, Acacio. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SCADA EM HTML BASEADO NA TECNOLOGIA WEBSERVER SIMATIC. ESTUDO DE CASO EM PROCESSO DE ENVASE DE LÍQUIDO. *Revista Científica Semana Acadêmica*. Fortaleza, ano MMXVII, Nº. 000115, 03/11/2017.

YU, Liyong; SCHÜLLER, Andreas; EPPLE, Ulrich. On the engineering design for systematic integration of agent-orientation in industrial automation. **ISA transactions**, v. 53, n. 5, p. 1404-1409, 2014.

DA SILVA, Reginaldo Barboza et al. DESENVOLVIMENTO, AUTOMAÇÃO E DESEMPENHO DE UM CONSOLIDÔMETRO COM INTERFACE HOMEM-MÁQUINA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 416-427, 2015