

AUMENTO DO CONTROLE DE QUALIDADE EM UMA LINHA DE EMBALAGEM ATRAVÉS DA INSPEÇÃO AUTOMÁTICA INTEGRADA

Marcus Venicius dos Santos

Monsanto do Brasil Ltda, Av. Carlos Marcondes, 1200, Jd. Limoeiro
12241-480, São José dos Campos – SP - Brasil

marcus.v.santos@monsanto.com

Francisco José Grandinetti

João Sinohara da Silva Sousa

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté
Rua Daniel Danelli, s/n, 12060-440, Taubaté - SP – Brasil

grandi@unitau.br

sinohara@unitau.br

***Resumo.** Este artigo apresenta inovações tecnológicas para desenvolvimento e implementação de soluções de engenharia para inspeção em uma linha de embalagem como requisito fundamental para qualidade e produtividade em um mercado de crescente competitividade. Sensores de avançada tecnologia combinados com sistemas computadorizados, compreendendo câmeras ópticas e transportadores totalmente automatizados garantem o sincronismo da linha para conformidade dos produtos acabados e operação de classe mundial. Esta solução foi aplicada em uma empresa química, líder mundial em herbicidas. Os clientes reconheceram a alta qualidade dos produtos e serviços evidenciados na redução das reclamações de mercado, bem como na redução dos custos operacionais de embalagem. O projeto foi implementado de acordo com os requisitos estabelecidos e reconhecido como uma solução inovadora durante a Conferência 2005 de Manufatura, Meio Ambiente, Segurança e Saúde da empresa.*

***Palavras-chave:** Qualidade, Inspeção automática, Linha de embalagem, Packaging.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria vem sendo desafiada com a competição internacional. Nos últimos anos o controle de qualidade e a produtividade tem sido um tópico abordado mundialmente. A indústria automobilística japonesa tem demonstrado que carros com alto padrão de qualidade podem ser fabricados com custo relativamente baixos. O mesmo conceito pode ser aplicado na indústria química.

Inspeções e testes executados usando métodos manuais consomem tempo e são onerosos. Assim o tempo de entrega e o custo de produção são acrescidos sem nenhum valor

agregado. Novos enfoques para a função do controle de qualidade estão emergindo e alterando drasticamente a maneira como as inspeções e testes são executados. Tecnologias avançadas de sensores, quase sempre combinadas com sistemas computadorizados permitem obter um controle de qualidade automático de inspeção em linha e sincronizado com a produção com o objetivo de evitar reprocessos, segundo Asfahl⁽¹⁾, Groover⁽²⁾, Singh⁽³⁾ e Silveira⁽⁴⁾ e Shingo⁽⁵⁾.

Este projeto tem por objetivo implementar um sistema de inspeção de qualidade em uma linha de embalagem de líquidos para frascos de 1 litro e 5 litros, de acordo com os requisitos para Qualidade Assegurada e a Legislação Brasileira de Químicos.

Para garantir a qualidade do produto acabado e a produtividade da linha de embalagem, neste estudo de caso, com um sistema de seis câmeras eletrônicas para inspeção CCD (Charged-Coupled Device), com ajuste de parâmetros via um computador industrial, sincronismo dos transportadores controlados por PLC, com sensores de presença e posição, rejeição automática de produtos não conformes, controle de velocidade, rotuladeira, selagem por indução, impressoras para codificação a jato de tinta para frascos e caixas, encaixotadoras, balança em linha, enchedora e paletizadora. O objetivo principal dos equipamentos é assegurar o balanceamento e sincronismo do embalagem dos frascos durante a produção, com aumento da produtividade e com inspeção de qualidade em linha: os frascos aprovados seguem o fluxo de transportadores para produto acabado e os reprovados são automaticamente rejeitados pela inspeção CCD.

2. PROCESSO ORIGINAL

O layout básico da linha de produção para embalagem de líquidos foi desenhado conforme a figura 1, para iniciar com o abastecimento manual de frascos vazios na desfardadora e transportados automaticamente para os processos de rotulagem, enchimento, capsulagem, codificação, aplicação de bulas, encaixotamento, pesagem e paletização conforme o fluxograma da figura 2. Um processo é um fluxo contínuo através do qual matérias primas são convertidas em produto acabado conforme Shingo⁽⁵⁾.

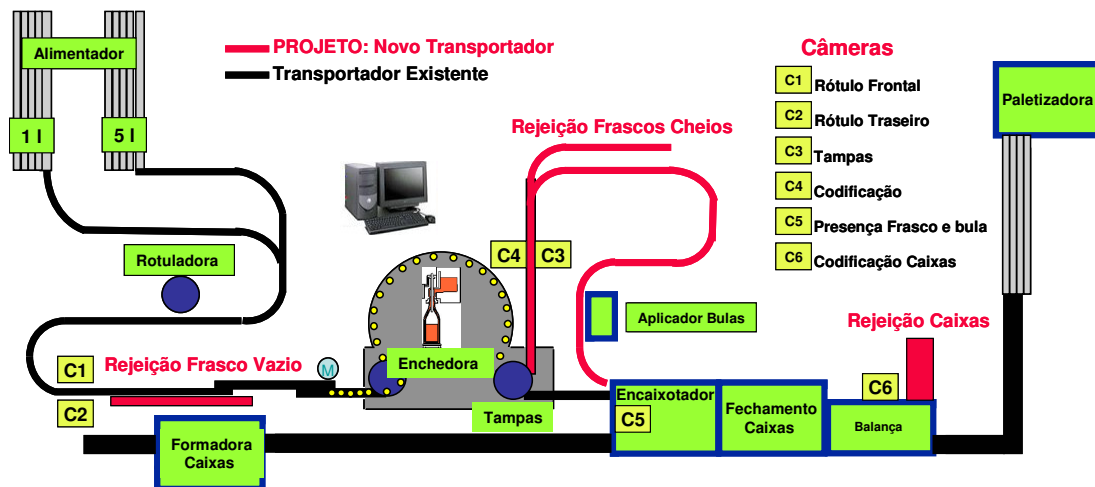


Figura 1. Layout da linha de embalagens de frascos de 1 litro e 5 litros

Embalagem Líquidos

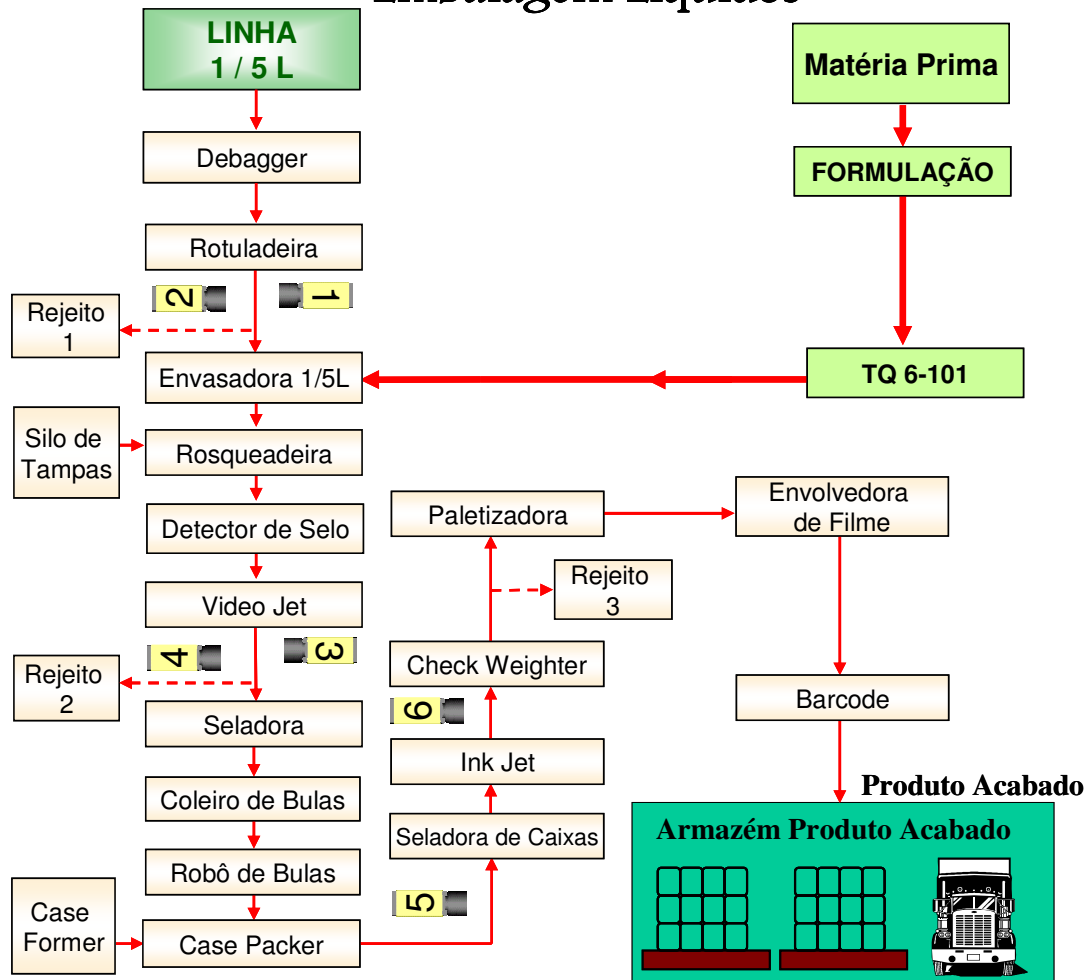


Figura 2. Diagrama de fluxo da linha para 1 litro e 5 litros

2.1 Problemas Operacionais

A amostragem para inspeção na linha de produção não era aplicável a 100% do produto acabado de acordo com a tabela 1 e o resultado era humano-dependente. Apenas a balança de pesagem na linha de 1 litro e 5 litros possuía um sistema de rejeição automático e outras não conformidades dependiam do operador para serem identificadas e rejeitadas. Para aumentar a confiabilidade das análises, é necessário um entendimento completo do método PDCA e das ferramentas básicas de análise conforme Falconi⁽⁶⁾. Isto explica as reclamações de mercado relativas a problemas com qualidade conforme a figura 3.

Tabela 1. Amostragem

Descrição	Amostragem
1 litro [frascos por palete]	20
5 litros [frascos por palete]	90

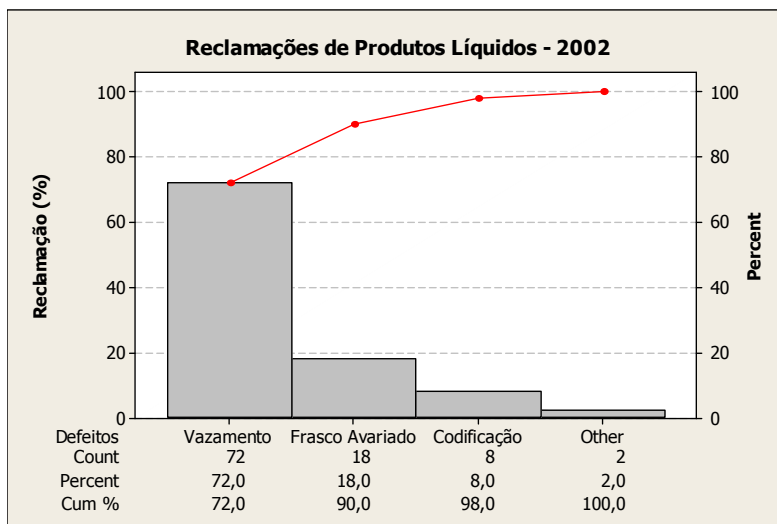


Figura 3. Reclamações de Clientes

2.2 Causas e conseqüências

Os dados iniciais para o processo de 1 litro e 5 litros apontam reclamações de mercado relativas a frascos vazando, frascos danificados, codificação de lote e validade ilegível (outros). Existe uma falha de sincronismo entre a posição do frasco e a velocidade do transportador, causando a queima da selagem, quebra de lacres das tampas e codificação inadequada conforme a figura 4. A amostragem e rejeição feita pelos operadores não são adequadas para produção em alta escala segundo Sinohara⁽⁷⁾.



Figura 4. Conseqüência da falta de sincronismo

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO E OBJETIVOS

O escopo do projeto foi desenho para assegurar a qualidade dos produtos na linha de embalagem de líquidos em frascos. Reconhecendo a qualidade intrínseca, como uma dimensão da Qualidade Total para características final do produto que assegura a satisfação do cliente segundo Werkema⁽⁸⁾. O fluxo da linha com o novo transportador para rejeição de frascos vazios é apresentado na figura 5 e para frascos cheios na figura 6, contemplando:

- Instalação de Câmeras Eletrônicas de Inspeção;
- Instalação da rejeição automática na linha (frasco vazio, frasco cheio e caixa);
- Inspeção de acordo com o tipo de produto;
- Registro do percentual de rejeição.

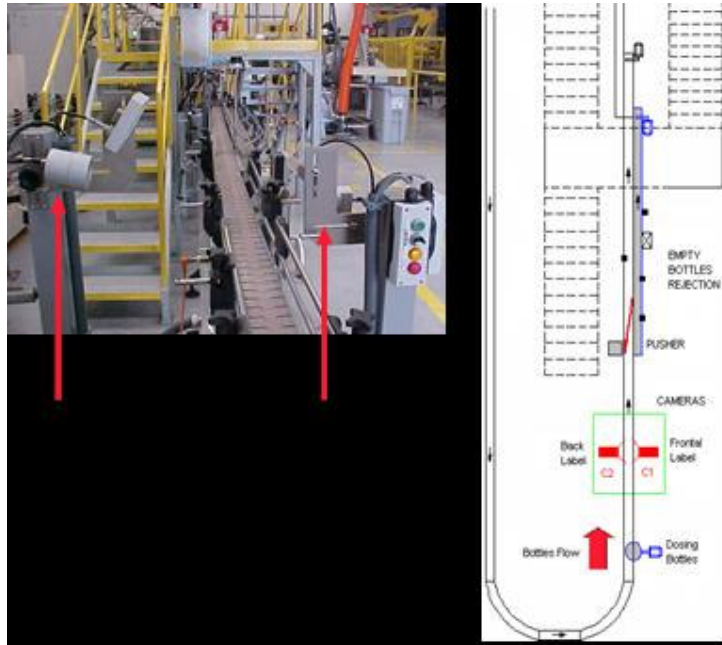


Figura 5. Rejeição de frascos vazios

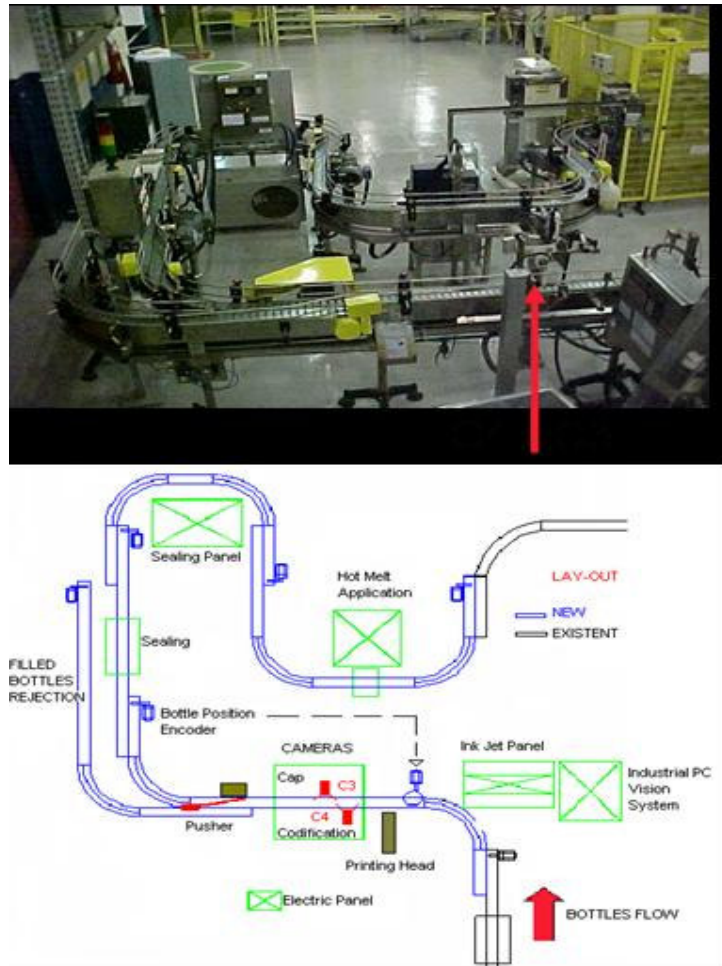


Figura 6. Layout do novo transportador e rejeição de frascos cheios

As inspeções e rejeições detalhadas estão na figura 2, conforme Pollux⁽⁹⁾ a saber:

- 1. Ponto de Inspeção 1 – Rótulo Frontal
 - Presença (1l e 5l); Posicionamento (5l); Mistura de rótulos (5l); Dupla rotulagem e sobre rotulagem (5l); e Rugas (5l)
- 2. Ponto de Inspeção 2 – Rótulo Traseiro
 - Presença (5l); Posicionamento (5l); Mistura de rótulos (5l); Dupla rotulagem e sobre rotulagem (5l); e Rugas (5l)
- 3. Ponto de Inspeção 3 – Tampa e lacre
 - Tampa (presença e posicionamento); e Lacre (presença e integridade)
- 4. Ponto de Inspeção 4 – Codificação de frascos
 - Presença; Presença e leitura de caracteres (OCV e OCR)
- 5. Ponto de Inspeção 5 – Componentes na Caixa
 - Presença de frascos; e Presença de Bulas
- 6. Ponto de Inspeção 6 – Codificação da Caixa
 - Presença; e Presença de caracteres (OCV)
- 7. Configuração
 - Dados estatísticos (aprovado e reprovado); Seleção automática das inspeções por tipo de produto; Rejeição automática de frascos vazios após rotulagem; Rejeição automática de frascos cheios após enchimento; Rejeição automática por falta de componente e / ou codificação da caixa; e Codificação de frascos sincronizada com o transportador

Baseado em Groover⁽²⁾, Singh⁽³⁾ e Silveira⁽⁴⁾, automação e controle discreto são usados para muitos sistemas industriais aumentando a produtividade e a confiabilidade do processo.

4. PROCESSO ATUALIZADO

A inspeção manual e visual durante a produção que oferecia risco ergonômico foi substituída por um layout com 21 metros de transportadores controlados via CLP por sete inversores de frequência devidamente ajustados para o fluxo sincronizado dos frascos conforme a figura 7 e a inspeção e rejeição de frascos de acordo com a figura 8, reduzindo as paradas de produção. O passo mais importante na implementação do SMED – Single-minute Exchange of Die – é distinguir o setup interno do externo conforme Shingo⁽⁵⁾. O mesmo conceito foi aplicado para o novo layout.



Figura 7. Antes e depois do novo layout sincronizado



Figura 8. Antes e depois da inspeção e rejeição de caixa

4.1 Sistema de Acionamento

O conjunto Sistema de acionamento dos Transportadores é constituído por motoredutor eixo motriz e engrenagens, esses elementos em conjunto proporcionam aos transportadores sua regulável transmissão de movimento. Estas engrenagens (normalmente bi-partida) são acopladas ao eixo motriz atuando como movimentação das correntes proporcionando baixo ruído e fácil manutenção. Os motoredutores são formados de engrenagens helicoidais, cônicas ou rosca sem fim e podem ter a rotação fixa, regulada através de sistemas mecânicos ou regulada através de variadores de frequência conforme figura 9 e figura 10.

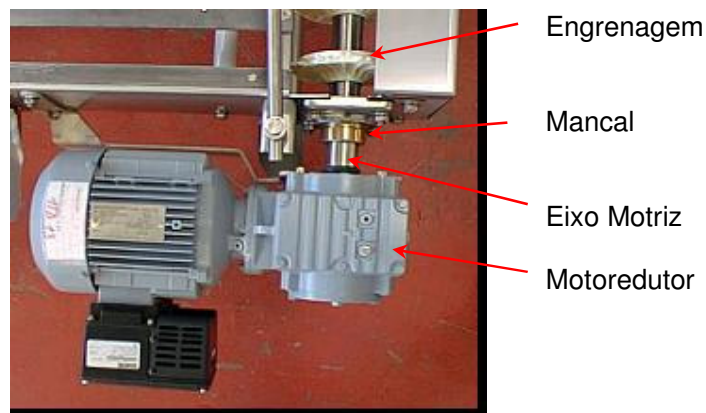


Figura 9. Sistema de acionamento



Figura 10. Motoredutor regulado através de variador de frequência e Mancal do Transportador

4.2 Considerações do processo

A inspeção contínua em linha representa uma significativa inovação tecnológica aplicando o estado-da-arte em inspeção ótica por câmeras para produto final. Isto permite buscar a inspeção de 100% da produção e com parâmetros previamente ajustados por tipo de produto e que podem ser selecionados pelo operador em um computador industrial integrado a produção segundo Groover⁽²⁾.

O transportador foi automatizado a fim de garantir o sincronismo e a posição do frasco durante o processo de manufatura, inspeção e rejeito. Baseado nisso, o produto não conforme pode ser adequadamente rejeitado.

5. RESULTADOS

No período mensurado de um ano, os 1095 lotes foram aprovados, as reclamações de Mercado foram reduzidas em 90%, a confiabilidade da inspeção automática atingiu 100%, embora estatisticamente espere-se alteração deste índice. A produtividade foi aumentada em 13% conforme a tabela 2.

Tabela 2. Indicadores de desempenho

Description	Meta	Resultado
Lotes aprovados por Qualidade [%]	98	100
Redução das Reclamações de Mercado [%]	60	90
Confiabilidade da Inspeção [%]	99	100
Aumento da Produtividade [%]	10	13

A eliminação do risco ergonômico pode ser listada como um resultado adicional devido à substituição do manuseio de frascos na rejeição executada pelo operador pela rejeição automática.

6. DISCUSSÃO

Este projeto incorporou conceitos aplicados na indústria farmacêutica e automobilística, mas pouco disseminados na indústria química. Por esse motivo, para a aprovação do investimento, dirigido fundamentalmente com objetivos de qualidade, foi necessário aprofundar os conhecimentos de manufatura e contemplar a implementação de ações com benefícios para produtividade, segurança, ergonomia e manutenção.

A visita de “benchmarking” foi adotada para cumprir com esta visão mais ampla de agregar benefícios para a manufatura, observando-se em uma empresa farmacêutica, líder no segmento de mercado que atua, o total de sete linhas com projetos semelhantes em operação. Nesta visita, as boas práticas de manufatura, o conceito de produção em série e em alta velocidade, o conceito de sistema à prova de erro humano na inspeção de qualidade e a importância da definição do layout no sucesso do projeto foram ferramentas muito exploradas.

Para a aproximação da equipe com a tecnologia de inspeção por câmeras também foi realizado visita durante uma exposição do fornecedor do sistema de Visão em uma feira Internacionalmente reconhecida e posteriormente uma visita nas instalações da empresa, sempre com a participação dos operadores.

Dessa forma, a empresa selecionada para detalhamento do layout dos transportadores foi a que melhor demonstrou domínio tecnológico de conceitos de engenharia para linhas de

embalagem automática. Essa parceria foi fundamental para que os requisitos de funcionamento de cada equipamento individual pudessem receber uma solução adequada ao sincronismo do conjunto.

Baseado na minha experiência profissional, na área de embalagens da indústria de bebidas, onde realizei trabalhos internacionais com empresas de grande porte nos Estados Unidos, na Alemanha, na Argentina, na Venezuela e na África do Sul, apliquei os conceitos da bibliografia adotada neste trabalho e nas visitas de “benchmarking” para suportar as decisões e soluções propostas para o layout.

Um conceito adotado no projeto de linhas de embalagens é o chamado “V Gráfico”, que tem por objetivo minimizar o impacto das paradas dos equipamentos periféricos na máquina crítica de produção. Por exemplo, minimizando o impacto das paradas de despaletizadoras, encaixotadoras, rotuladoras, e transportadores, entre outros, na máquina crítica que determina a capacidade nominal de produção, normalmente o equipamento de enchimento conforme Sibel⁽¹⁰⁾.

O “V Gráfico” é aplicado na determinação das velocidades dos transportadores e demais equipamentos periféricos que compõe a linha de embalagem, que comparado com a máquina crítica, neste estudo de caso a enchedora, possibilita o dimensionamento das sobre-velocidades (em média 10% maior que a velocidade da máquina crítica) para que tenhamos acúmulo de frascos vazios antes da enchedora e espaço livre nos transportadores após a enchedora. São estes “pulmões” de frascos vazios antes da enchedora e espaços livres para acumular frascos cheios após a enchedora que permitem a modulação e sincronismo da linha. Dessa forma cada equipamento executa o seu processo dentro de velocidades controladas, o que neste estudo de caso é o requisito fundamental para garantia de performance das operações de rotulagem, aplicação de tampas, codificação de frascos, aplicação de bulas, encaixotamento e codificação de caixas.

Este conceito explica o layout da linha de embalagem possuir formas curvilíneas na solução adotada para o espaço disponível, pois o transportador de dois metros retilíneo originalmente instalado, não possibilita o sincronismo necessário, e isto é a causa raiz que gera parte dos problemas apresentados e, estabelece claramente as relações entre causas e efeitos desta falta de sincronismo apresentados no item 2.2, comprovado nos resultados obtidos após a instalação do projeto, não somente para inspeção de qualidade, mas para garantir a produtividade, ergonomia e segurança.

Com base na experiência adquirida novas pesquisas em células robotizadas, estão sendo elaboradas, perenizando na empresa o conhecimento acadêmico implementado através de projetos.

7. CONCLUSÕES

O projeto foi implementado com sucesso de acordo com os requisitos estabelecidos e reconhecido como uma solução modelo durante uma Conferência Mundial de Manufatura, Meio Ambiente e Saúde em 2005, nos Estados Unidos. Os clientes reconheceram a alta qualidade dos produtos e serviços, evidenciado na redução das reclamações de mercado, bem como se reduziu o custo de embalagem devido ao aumento da produtividade. O retorno do capital foi de acordo com o planejado.

REFERENCES

1. ASFAHL, C. R. **Robotics and Manufacturing Automation**. Ed. John Wiley & Sons, Inc: 1992.
2. GROOVER, M. P., 1987. **Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing**. New York: Prentice-Hall.
3. SING, N., 1996. **Systems approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing**. John Wiley & Sons, Inc.
4. SILVEIRA, P. R. S. & WINDERSON, E., 1998. **Automação e Controle Discretos**. São Paulo: Érica.
5. SHINGO, S., 1985. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. Productivity Press, Portland. Oregon.
6. FALCONI, V. C., 1996. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte.
7. SINOHARA, J. S. S., 2003. **Curso Automação Industrial (Tipos de Automação e Produção), 2004**. Curso Pós-Graduação em Automação e Controle Industrial. UNITAU, Taubaté.
8. WERKEMA, M. C. C., 1995. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte.
9. POLLUX, TOUCHÉ, 2003. **Manual de Operação**. Joinville: Pollux.
10. SIBEL, TECHNOLOGY INSTITUTE, 1997. **Training WBA Packaging & Process Technology**. Chicago.

PACKAGING LINE QUALITY CONTROL THROUGHOUT INTEGRATED AUTOMATED INSPECTION

Marcus Venicius dos Santos

Monsanto do Brasil Ltda, Av. Carlos Marcondes, 1200, Jd. Limoeiro
12241-480, São José dos Campos – SP - Brasil
marcus.v.santos@monsanto.com

Francisco José Grandinetti

João Sinohara da Silva Sousa

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté
Rua Daniel Danelli, s/n, 12060-440, Taubaté - SP – Brasil
grandi@unitau.br
sinohara@unitau.br

***Abstract.** This paper outlines technical innovations for development and implementation of engineering solutions for liquid packaging vision inspection as a huge quality and productivity statement bases for competitively marketing growth. Advanced sensor technologies often combined with computer based system encompassing optical cameras and full automated conveyors assures the line synchronism for finished goods quality compliance and good manufacturing practices. The engineering for a suitable layout design synchronism address the basis for non compliances products reduction for manufacturing and inspection parameters, as well as speed, position and operational ergonomics. This solution was implemented in a worldwide herbicide leader Chemical Company. Customers recognize the high quality products and services reducing the complaints, as well as reducing the packaging operating cost. The project was successfully accomplished according to established requirements.*

Keywords: *Quality, Automated inspection, Packaging line.*