

MELHORIA DO PROCESSO INDUSTRIAL DE FABRICAÇÃO DE PRESERVATIVOS UTILIZANDO AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E METODOLOGIA SEIS SIGMA

¹Garcia, M. V. R
ETEP Faculdades

²Souza, J. S S
UNITAU

³Carvalho, J. A. D.
ETEP Faculdades

⁴Cunha, P.
ETEP Faculdades

¹marcus.valerio@etep.edu.br

²sinohara@uol.com.br

³jose.carvalho@etep.edu.br

⁴pcunha2@conbr.jnj.com

RESUMO

O artigo descreve a metodologia empregada para a melhoria de um processo industrial de fabricação de preservativos utilizando a ferramentas Seis Sigma. Devido ao crescente número de operários afastados ou readaptados causado por lesão por esforço repetitivo (LER), tem-se ainda os problemas com gastos por substituição de trabalhadores, treinamentos, horas extras, recuperação de empregados e salários pagos a trabalhadores afastados. O método é aplicado em duas fases do processo, inicialmente no teste elétrico dos preservativos para verificação de existência de não conformidades no produto. Em seguida, no processo manual de desenrolamento quando um determinado lote não aprovado em testes de laboratório é rejeitado e submetido novamente ao teste elétrico. Utilizando a ferramenta DMAIC, reconhecida em todo o mundo como uma das melhores formas de se estruturar os projetos de melhoria na busca do padrão Seis Sigma, são definidos os objetivos de melhoria, medição do sistema existente, análise do sistema medido, melhoria do sistema e controle do novo sistema. A solução de automação encontrada emprega conta com o apoio de dispositivos eletropneumáticos e controladores lógicos programáveis que se mostram eficientes do ponto de vista operacional, de custo e energético. É mostrado através de dados estatísticos que essa automatização do processo eliminou por completo o surgimento de novos casos de lesão por esforço repetitivo, e ainda proporciona aumento de produtividade com a diminuição na área de estocagem e redução da quantidade de horas extras pagas aos funcionários.

Palavras-Chave: Automação, Controlador Lógico Programável, 6-Sigma, Lesões por Esforços Repetitivos

1. INTRODUÇÃO

A automação aqui proposta vai de encontro à grande questão que deve ser abordada com muito cuidado: a velha falácia de que a automação é sinônimo de desemprego. Em 1993 a General Motors do Brasil deixou de produzir 25 Chevettes por hora em dois turnos, e passou a produzir 45 Corsas por hora em três turnos com 2.500 funcionários a menos. Isto só foi possível com o aumento do nível de automatização presente na linha de montagem de veículos. Foram instalados robôs em várias etapas do processo produtivo. Observa-se que neste caso a Automação gerou desemprego para a mão de obra desqualificada, entretanto produziu novos postos de serviço para a mão de obra qualificada em produção, manutenção e vendas de equipamentos automatizados.

Outra questão a ser abordada é a redução de custos, pois para se produzir produtos competitivos no mercado, com a automação pode-se reduzir tempos de máquinas e melhorar a qualidade dos produtos. Além destes fatos bem conhecidos, a automação pode gerar redução de gastos melhorando o nível de segurança das máquinas, e substituindo o homem em áreas

insalubres, reduzindo nestes casos os recursos gastos com a recuperação da saúde dos funcionários.

Com a competição cada vez mais acirrada pela globalização da economia mundial, nenhum empresário pode deixar de levar em conta este problema, pois a elevação de custos leva a uma redução na produtividade. Segundo Coutinho (1992), nem sempre os fatos são tão evidentes, e em especial dentro de cada empresa, tomada isoladamente, em meio às crises que exigem ser administradas a cada dia,

No conjunto do país, porém, é estarrecedor descobrir que as empresas estão gastando R\$ 12,5 bilhões por ano apenas com os acidentes de trabalho e doenças profissionais que poderiam ser evitadas.

Na medida em que avançam a informatização e o ritmo da competição, com o conseqüente aumento do estresse, até o escritório tornou-se palco de riscos à saúde do trabalhador, em níveis antes comuns apenas na presença de maquinaria pesada. As Lesões por Esforços Repetitivos (LER), já constituem hoje, a segunda maior causa de afastamento de trabalhadores, segundo dados oficiais do Instituto Nacional de Seguridade Social. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), um em cada 100 trabalhadores do Sudeste brasileiro é portador de LER. De acordo com O'Neill (2003) somente no primeiro ano de afastamento, cada funcionário vitimado pelas LER/DORT acarreta para a empresa, em média, uma despesa de R\$ 89 mil, entre encargos sociais e pagamento de substituto temporário.

Neste contexto, o que se pretende com este artigo é demonstrar como a automação eletropneumática constitui-se numa ótima solução para áreas onde funcionários apresentam sintomas de LER/DORT. Através da metodologia DMAIC foram identificados os pontos a serem automatizados em uma linha de produção de preservativos, para se alcançar o padrão 6 Sigma.

2. AUTOMAÇÃO

Segundo Ferreira (2004), Automático significa: “que se move, regula e opera por si mesmo”, e Automação significa: “sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções sem a interferência do homem”.

Segundo Groove (1987) os sistemas de produção automáticos podem ser divididos em três grupos:

a) Automação Fixa: que se constitui em estações de trabalho especializadas em uma determinada tarefa, específica para um determinado tipo de produto.

b) Automação Programada: utilizada em máquinas que podem ser programadas para usinarem vários tipos de peças sem que haja a necessidade de se interromper a produção para isto.

c) Automação Flexível: que combina características da automação programada e da fixa, constituindo-se em um tipo intermediário.

Seja qual for o sistema de produção, segundo Silveira (2007), ele deve conter três componentes básicos como demonstrado na Figura 1

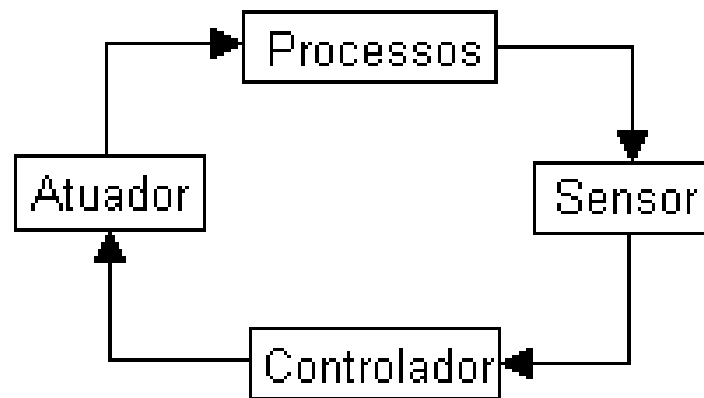


Figura 1. Diagrama e Blocos de um sistema de automação

O controlador é um computador preparado para trabalhar em ambientes industriais. O controlador ao receber estas informações envia sinais aos atuadores para que estes possam agir no processo. Existem vários tipos de controladores mas o mais utilizado é o CLP – Controlador Lógico Programável, existem vários fabricantes cada um utiliza seu próprio software para programá-lo, mas segundo Dall’Amico (2003) existem três tipos de programas para os CLPs:

Ladder ou Linguagem de Contatos, Bloco de Funções e Lista de Instruções.

A pneumática que derivado do grego Pneumos ou Pneuma que significa respiração ou sopro é definida como a parte da Física que se ocupa da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases ou vácuos. É também o estudo da conservação da energia pneumática em energia mecânica, através dos respectivos elementos de trabalho, Parker (2000).

As principais vantagens do emprego da Pneumáticas são: incremento da produção com investimento relativamente pequeno, redução dos custos operacionais, e a robustez dos componentes pneumáticos.

E a principal desvantagem é que os componentes pneumáticos são normalmente projetados e utilizados a uma pressão máxima de 1723,6 kPa. Portanto, as forças envolvidas são pequenas se comparadas a outros sistemas.

3. SEIS SIGMA

O conceito técnico do Seis Sigma é medir o desempenho atual e calcular quantos Sigmas existem até que ocorra a insatisfação do cliente, momento em que se estabelece a existência de um defeito. Dessa forma, um defeito é qualquer evento que não atenda os requisitos do cliente. De acordo com o padrão Seis Sigma, um processo será classificado como Seis Sigma quando não gerar mais de 3,4 dpmo (defeitos por milhão de oportunidades).

3.1. DMAIC

Segundo Rotondaro (2002), Seis Sigma é uma metodologia rigorosa que utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir, medir, analisar, incorporar e controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar etapas ótimas e que gerará um ciclo de melhoria contínua.

A implementação do Seis Sigma pode ser feita por meio de diversas ferramentas, que de um modo geral são aplicadas dentro de um mesmo modelo, conhecido como DMAIC (Definir-Medir-Analisar-Implementar-Controlar), que significa:

D– *Define* – Definição dos objetivos da atividade de melhoria. É a parte do projeto onde o grupo tem que definir o motivo pelo qual o projeto será levado adiante;

M – *Measure* – Medição do sistema existente. Serve para dar a visão de como está o processo e indicar pontos de oportunidade de melhoria;

A – *Analyse* – Análise do sistema medido. É a fase onde se analisa o processo atual com base nas medições realizadas;

I – *Improve* – Melhoria do sistema. Diversas ferramentas são utilizadas nesta fase com a finalidade de atacar os pontos de oportunidade de melhoria detectados e assim, tornar o processo mais eficiente;

C – *Control* – Controle do novo sistema. A fase de controle é muito importante para que o DMAIC seja visto como um ciclo, o que torna possível a sua continuidade, uma vez que ao alcançar esta fase a melhoria do processo já está instalada.

4. DESENVOLVIMENTO

Este trabalho foi desenvolvido em uma fábrica de preservativos, onde o processo de teste do produto e embalagem é realizado em várias etapas, sendo que em cada uma delas se fazia necessária a manipulação rápida e repetitiva por parte dos funcionários, o que gerava constantes dores, inchaços, e inflamações que levavam muitas vezes o funcionário a ficar afastado para tratamento médico. Dos cento e vinte e cinco funcionários do setor, sete apresentavam Comunicação de Acidente do Trabalho (CAT) aberta por terem adquirido LER, e estima-se que pelo menos outros dez funcionários também estejam lesionados. Foi implantado um esquema de revezamento na área, entretanto novos casos de funcionários lesionados continuaram surgindo. O objetivo era alcançar o índice 6 Sigma, ou seja, 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, que neste caso significa reduzir a zero o surgimento de novos casos de funcionários com LER. Para alcançar este índice foi utilizada a ferramenta DMAIC, onde o processo foi analisado e mapeando os principais pontos onde os funcionários corriam riscos de adquirir LER. A partir desta fase de análise do processo de fabricação foram elaboradas propostas de melhorias para eliminar as áreas de risco.

4.1. FASE DEFINIR

Os preservativos após terem sido produzidos, são lavados, e secados em uma estufa com impregnação de talco. Em seguida são submetidos a um teste elétrico, onde são colocados manualmente em um molde que fica girando em torno do próprio eixo. O preservativo entra em contato com uma borracha condutora de corrente elétrica. Se houver fuga de corrente da borracha para o molde, significa que o preservativo apresenta irregularidades e deve ser rejeitado, se não houver fuga de corrente, o preservativo está aprovado. Encontra-se nesta estação de trabalho a primeira área a ser automatizada, pois o funcionário tem de fazer movimentos rápidos e de forma repetitiva com as mãos para colocação do produto no molde, visto que são testados 28 produtos por minuto.

Os preservativos saem do teste elétrico e são depositados em sacos plásticos onde são estocados prontos para serem selados (embalagem individual). Em cada saco são armazenados em torno de 5.000 preservativos e cada lote de produção contém aproximadamente 100.000 preservativos, dos quais 315 são coletados por amostragem para serem submetidos a outros testes, atendendo a Resolução RDC n 3 de 2002 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), de conformidade com a ISO 2859-1. Os preservativos coletados são colocados numa câmara de insuflamento, onde cada um deve suportar no mínimo 18 litros de ar a 1Psi para preservativos de espessura menor e 2Psi para preservativos com espessura

maior. São verificados vários itens como: bolhas sem furo, bolhas com furo, corte, batida de forma, pêndulo, acúmulo de látex, ponto fraco, impurezas, pregas, más distribuições de látex, bainha em 8, má formação da bainha, grudados e sem bainha.

Se for detectado vazamento em um preservativo deve ser colhido um novo lote de 315 amostras e ser novamente submetidos ao teste, entretanto se neste primeiro lote for detectado mais do que um preservativo com furo deve-se rejeitar o lote inteiro e deve ser encaminhado para retrabalho, o mesmo deve ocorrer se no segundo teste for detectado um ou mais preservativos com furo. No processo de retrabalho os preservativos devem ser desenrolados e novamente submetidos ao teste elétrico. O processo de retrabalho de preservativos era executado manualmente, onde os operadores eram deslocados de outros postos de serviço da área de preservativos, e às vezes até de outras áreas, onde, ao redor de uma mesa desenrolavam individualmente cada um dos preservativos.

Após os lotes terem sido aprovados no teste de qualidade por amostragem, os preservativos são levados ao processo de selagem onde um funcionário termina de enrolar o preservativo, pois o mesmo sai do teste elétrico com uma ponta de material não enrolada muito grande o que pode atrapalhar no processo de selagem, e os introduz numa esteira elétrica onde são conduzidos à máquina de selagem individual do produto. Encontra-se aqui a terceira área de risco para o operador adquirir LER.

4.2. FASE MEDIR

A empresa fabrica anualmente 100 milhões de preservativos, e no período de Abril/06 a Março/07 foram bloqueados 32 lotes por furo, num total de 3.244.460 unidades. Foram gastos 3.244 horas / homem para desenrolar essa recusa manualmente. Os lotes rejeitados não podem ser retrabalhados imediatamente o que acarreta disponibilizar uma área para que estes lotes fiquem armazenados.

A empresa tem em média três funcionários afastados por LER devido as atividades repetitivas desenvolvidas na produção, o que gera entre salários e encargos pagos a estes funcionários um prejuízo em torno de R\$ 100.000,00 por ano.

4.3. FASE ANALISAR

Após coletados os dados, foram analisados os resultados, e chegou-se a conclusão que haviam três áreas de risco:

- processo de colocação do preservativo no molde do teste elétrico;
- processo de desenrolar o preservativo para ser retrabalhado;
- processo de terminar de enrolar o preservativo para ser empacotado.

Com o objetivo de liberar o ser humano destes processos de fabricação insalubres e considerando o fato de que já existia uma linha de ar comprimido nesta área, optou-se pelo desenvolvimento de um projeto de automação para estes processos utilizando eletropneumática acionado por um Controlador Lógico Programável (CLP), pois este tipo de equipamento consome pouca eletricidade além do fato de ser rápido o suficiente para os processos a serem automatizados. Com relação ao processo de terminar de enrolar o preservativo para que este seja empacotado, chegou-se a conclusão que ao invés de automatizar este processo, deveriam ser feitas melhorias na etapa final da máquina de teste elétrico, de tal forma que os preservativos saíssem totalmente enrolados.

4.4. FASE IMPLEMENTAR

Foram automatizadas duas 2 etapas (desenrolar produtos a serem retrabalhados e colocação do produto a ser testado no molde) e ainda desenvolvido um sistema que garanta que o produto aprovado no teste elétrico saia totalmente enrolado.

4.4.1. AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE DESENROLAR

Foi desenvolvido um sistema eletropneumático que executasse a atividade de desenrolar os preservativos automaticamente sem a intervenção de mão de obra humana. Como é possível observar na Figura 2, o sistema é constituído por um cesto vibratório, onde os preservativos sobem numa espiral na lateral do cesto até chegarem a uma calha de Lexan com um orifício de 20 mm de diâmetro.

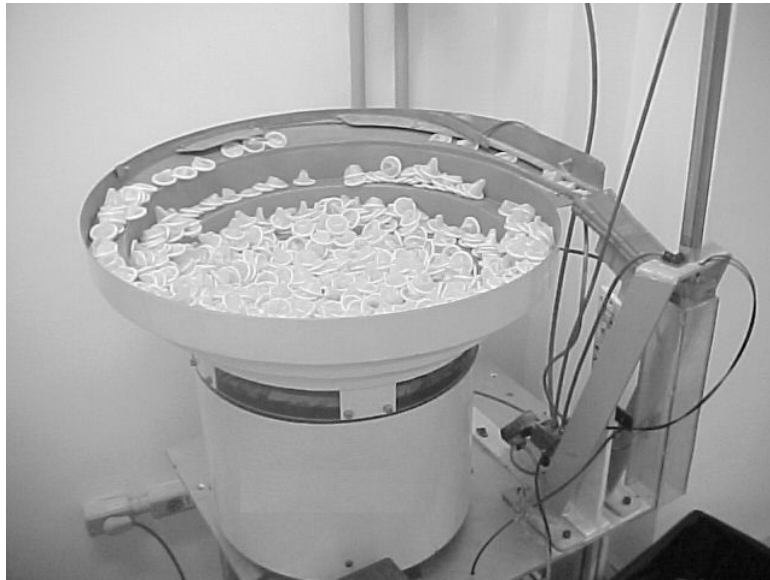


Figura 2 Sistema Automático para Desenrolar Preservativos

No final da calha foi instalado um Sensor de Presença (SP) de barreira de luz, que ao detectar a presença do preservativo em cima do orifício atua uma válvula 5/2, com acionamento elétrico e retorno por mola, que realiza o avanço de um cilindro pneumático de dupla ação. A haste deste cilindro irá esticar o preservativo, fazendo com que o mesmo seja desenrolado e caia num cesto. Ao final do curso da haste do cilindro, foi instalado outro sensor óptico 1S2, que ao detectar que o cilindro chegou ao final de curso desatua a válvula 5/2, fazendo com que o cilindro retorne a posição inicial. A Figura 3 ilustra o ciclo de eventos do circuito.



Figura 3 Ciclo de Eventos da Máquina de desenrolar preservativos

4.4.2. AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COLOCAÇÃO DO PRESERVATIVO NO MOLDE

A máquina que executa o teste elétrico tinha um carrossel com vários moldes, onde o operador vestia manualmente os preservativos no molde conforme mostrado na Figura 4. Esta máquina foi automatizada utilizando-se um sistema eletropneumático, onde o operador ao invés de vestir o preservativo no molde, apenas alimenta a máquina por um duto de vácuo que leva o preservativo para ser vestido automaticamente no molde.



Figura 4 Colocação Manual do Preservativo no Molde e Alimentação Manual do Preservativo na Máquina Através de um Duto de Vácuo

O carrossel foi trocado por outro composto de seis moldes equipados com grampos acionados por um cilindro pneumático, para prenderem o preservativo durante o teste elétrico. Assim, a máquina passou a ter seis estágios.

No primeiro estágio visto na Figura 5 há um pino posicionador atuado por um cilindro pneumático, que recebe o preservativo alimentado pelo operador no duto de vácuo. Um conjunto de manipulação composto por quatro grampos, onde cada grampo é comandado por um cilindro pneumático, abre a bainha do preservativo para facilitar a entrada no molde. Uma vez que o preservativo está preso, o sensor 1s1 é atuado fazendo o pino garra descer, para permitir a angulação da garra, feita pelo acionamento do Cilindro Angulador.

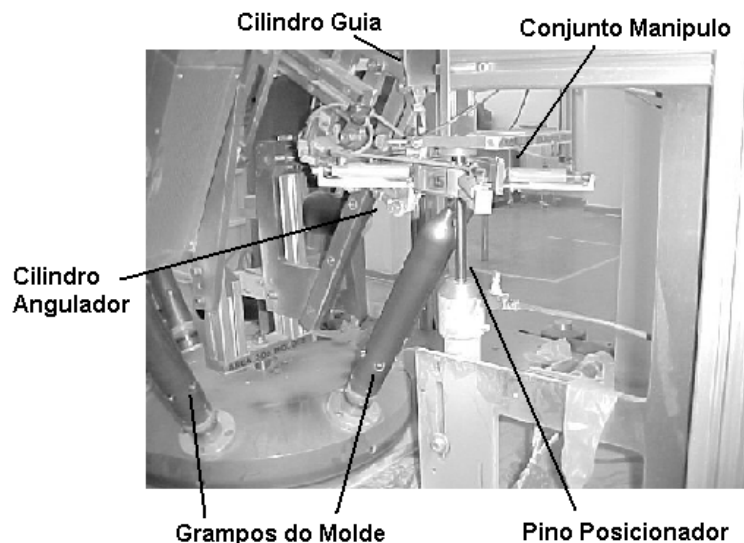


Figura 5 Conjunto de colocação Automático do Preservativo no Molde

Quando a garra já se encontra angulada, ou seja posicionada para vestir o preservativo no molde, fato confirmado pelo sensor 7s2, a garra desce pela ação do Cilindro Guia, introduzindo o preservativo no molde. Ao chegar no fim de curso o sensor 6s2 atua acionando a garra do molde para que este seja posicionado para travar o preservativo, e o sensor de fim de curso do cilindro da garra do molde atua (cada molde possui um cilindro equipado com

sensores fim de curso), os grampos do manipulador são desacionados, fazendo com que o preservativo fique totalmente sob o molde travado pelos grampos do molde. Neste instante o sensor 1s2 atua comandando o cilindro guia a retornar, quando este chega ao seu fim de curso o sensor 6s1 libera o cilindro de Angulação, fazendo com que o manipulador volte a sua posição inicial, quando então o sensor 7s1 será atuado fazendo com que o Pino Posicionador volte a ser atuado, para receber outro preservativo que será colocado no próximo molde.

A Figura 6 mostra o ciclo de eventos do estágio 1.

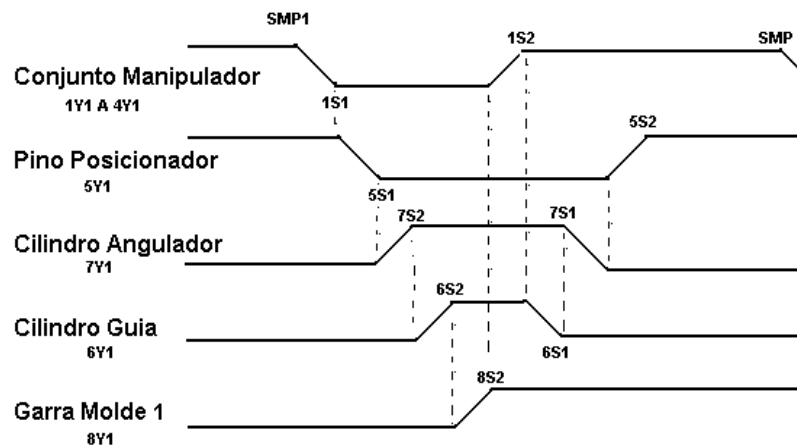


Figura 6 Ciclo de Eventos Estágio 1

No fim do segundo estágio o molde aguarda o início do terceiro estágio, onde irá girar em torno do eixo e uma borracha condutora energizada entra em contato com o molde, se for detectado fuga de corrente o preservativo será rejeitado. Há uma saída auxiliar do Controlador Lógico Programável (CLP), chamada de “Flag 10” que por software é ativada quando o molde 1 estiver no estágio 5 e o preservativo será retirado e rejeitado. Entretanto se no estágio 3 não for detectada fuga de corrente, o preservativo estará aprovado. Neste caso a saída auxiliar “Flag 9” é ativada para que quando o molde 1 chegar ao estágio 4 o preservativo seja retirado com o auxílio de uma ventosa. No estágio 6 o molde aguarda ir novamente para o estágio 1 quando inicia um novo teste.

Encontra-se no estágio 4 a modificação feita para que o preservativo seja totalmente enrolado, eliminando assim a necessidade do operador, no processo de selagem e empacotamento para terminar de enrolar o produto. Foi desenvolvido um sistema mecânico que com o auxílio de correias retira o preservativo do molde, e uma ventosa foi instalada para permitir que o preservativo seja totalmente enrolado, e depois colocado numa esteira elétrica.

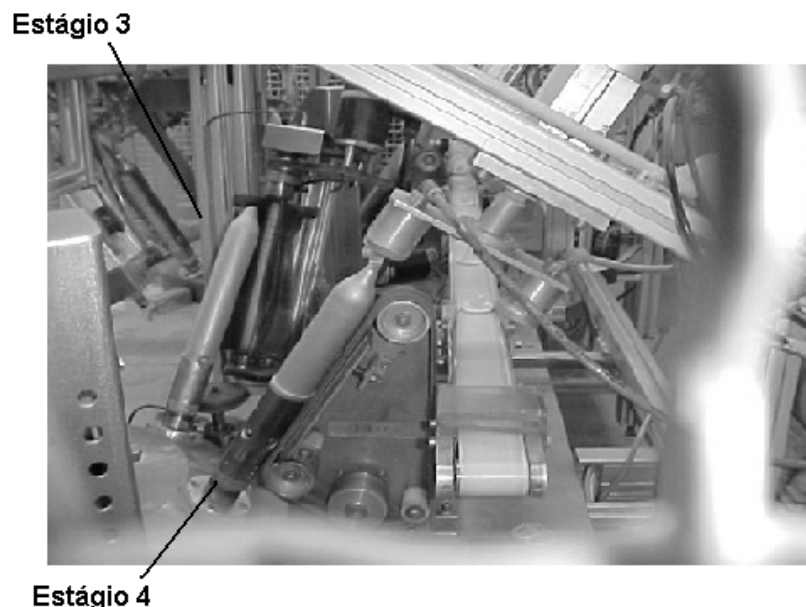


Figura 7 Estágios 3 e 4

4.5. FASE CONTROLAR

Nesta fase procuram-se controlar os processos e verificar se os mesmos atendem adequadamente as necessidades e objetivos propostos, assim como a implantação de melhorias contínuas.

4.5.1. PROCESSO DE DESNROLAR PRESERVATIVOS

A Tabela 1 faz um comparativo entre o processo anterior em que os preservativos eram desenrolados manualmente, e o processo atual automatizado, considerando que em 12 meses (Abril/06 - Março/07) foram retrabalhados 32 lotes por furo, num total de 3.244.460 unidades. É considerado que em média o setor de preservativos gasta com encargos e salário R\$17,00 por hora / homem trabalhada, e que foram gastos 443,49 horas para desenrolar os preservativos deste período. Pode-se concluir que a economia produzida pelo emprego da máquina foi de R\$ 107,36 por hora, portanto, se dividir o total gasto para implantar a máquina R\$ 9.891,71, pelo lucro produzido por hora chega-se a 92,14 horas, ou seja, a máquina leva 92,14 horas de trabalho para pagar o investimento feito, considerando que ela foi utilizada no período de 1 ano por 443,49 horas, pode-se concluir que com menos do que 3 meses de utilização, o investimento feito para implantar a máquina foi pago.

Tabela 1. Comparação entre o processo manual e automático de desenrolar preservativos

	Processo Manual	Processo Automatizado
Produtividade por funcionário (produtos/hora)	1.000	7.000
Horas/Homem para desenrolar	3.244,46	443,49
Encargos e Salários	R\$ 55.155,82	R\$ 7.539,33

4.5.2 PROCESSO DE COLOCAÇÃO DO PRESERVATIVO NO MOLDE

A Tabela 2 faz um comparativo entre duas estações de teste elétrico com o processo de vestir o molde manual e automático. O custo de implantação de duas estações com o processo de vestir o molde automático é de R\$ 200.000,00, considerando a economia com encargos e salários, chega-se a conclusão que o investimento feito irá pagar-se em aproximadamente 2 anos.

Tabela 2. Comparação entre duas estações do teste elétrico com o processo de vestir o molde manual e automático

	Processo Manual	Processo Automatizado
Número de funcionários para operar duas estações	2	1
Produtividade por funcionário (produtos/minuto)	28	60
Produção anual	195.130.880	209.068.800
Encargos e Salários	R\$ 97.472,00	R\$ 98.736,00

As soluções implantadas e ajustadas oportunamente nos dois processos, atendem as especificações de produção, tanto em qualidade como em quantidade de produção demandada.

5. CONCLUSÕES

Com as automatizações implantadas o número de funcionários afastados por dores nas mãos diminuiu em 75%, o que traz uma redução anual de R\$ 66.000,00 com gastos de encargos e salários. Outro indicador muito interessante, é que em quase dois anos de implantação da automatização dos dois processos (abril/2006) nenhum novo caso de LER foi diagnosticado. Atualmente outras duas máquinas nesta área estão sendo automatizadas: o processo de alimentação do teste elétrico e a alimentação dos preservativos na máquina que faz o processo de selagem e lubrificação do preservativo. O objetivo de alcançar o índice 6 Sigmas, ou seja, 3,4 dpmo foi alcançado, mas para manter este índice é importante continuar melhorando o processo de fabricação, para que não voltem a ter novos casos de LER nesta fábrica.

Além destes ganhos eliminou-se a área de estocagem dos preservativos a serem retrabalhados no teste elétrico, e a redução de paradas na produção devido ao processo de retrabalho.

6. REFERÊNCIAS

COUTINHO, L., 1992. "A terceira revolução industrial e tecnológica". Economia e Sociedade. Revista do Instituto de Economia da Unicamp.

DALL'AMICO, R., 2003. "Princípios Básicos de CLP". Ed. SMC Pneumáticos do Brasil Ltda.

FERREIRA, A. B. H., 2004. "Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa". Ed. Nova Didática.

GROOVER, M. P., 1987. “Automation, Production Systems and CIM”, Ed. Prentice Hall.

O'NEILL, M. J., 2003. “LER/DORT – O desafio de vencer”. Ed. Madras

PARKER, Apostila M1001BR – Tecnologia Pneumática Industrial, Editora Parker Training, Agosto 2000

PEREZ, M. W., 1998. “Seis Sigma – compreendendo o conceito, as implicações e os desafios”. Ed. Qualitymark.

RONTANDARO, R. G., 2002. “Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços”. Ed. Atlas.

SILVEIRA, Paulo R., 2007, “Automação e Controle Discreto”. Ed. Erica