

ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE UM DISPOSITIVO POKA YOKE EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS¹

Jean Resende²
José Glenio Medeiros de Barros³
Alexandre Alvarenga Palmeira⁴

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os resultados da aplicação de um dispositivo *Poka Yoke* em uma célula de produção de uma indústria de autopeças. Buscou-se analisar o desempenho do processo de produção, quanto a sua produtividade e qualidade, e relacionar os custos da não qualidade com os investimentos envolvidos na implementação do dispositivo. A técnica de *Poka Yoke*, inventada no Japão, tem por objetivo impedir ou prevenir a execução incorreta de uma determinada tarefa ou operação, preservando a segurança dos operadores e evitando perdas de processo. Para isto, utilizam-se, geralmente, dispositivos elétricos, eletrônicos ou mecânicos, aplicados a uma determinada operação do processo industrial. A metodologia desenvolvida para a execução deste trabalho compara os resultados do processo de produção antes e após a implantação do dispositivo *Poka Yoke*. Neste sentido, utilizou-se dados atuais e históricos de desempenho da célula de produção estudada. Os indicadores revelaram uma melhoria significativa no desempenho do processo de produção, o que resultou em uma maior satisfação dos clientes. No que tange aos custos, pôde-se observar que, se o dispositivo tivesse sido aplicado a mais tempo, ter-se-ia evitado determinados custos adicionais, preservando inclusive a imagem da empresa perante os seus clientes. Por outro lado, os resultados obtidos forneceram informações úteis sobre os benefícios que o dispositivo trouxe para a célula de produção e a própria empresa. Contudo, pode-se dizer que muitos dos problemas do processo ainda não terminaram com a instalação do *Poka Yoke*.

Palavras-chave: *Poka Yoke*; Desempenho; Célula de produção; Indústria de autopeças.

ANALYSIS OF RESULTS FROM THE APPLICATION OF A POKA-YOKE DEVICE IN THE ASSEMBLY LINE OF AN AUTOMOTIVE PARTS INDUSTRY

Abstract

The objective of this work is of evaluating the results in the application of a device *Poka Yoke* in a cell of production of auto parts company. It was looked for to analyze the existent implications with respect to the performance of the production process, as for the productivity and quality and relate the expenses of the non quality with the costs involved in the implementation of the device. Error proffing technique, was invented in Japan, with the main objective to avoid or to prevent the incorrect execution of a certain task or operation, preserving the safety of the operators and avoiding process losses. Usually these devices are electric, electronic or mechanical, applied to a certain operation of the industrial process. The methodology developed for the execution this work, compares the results of the production process before and after the implantation of the device *Poka Yoke*. In this sense, current and historical datas from the performance of cell production were studied. The indicators revealed a total improvement in the external performance of the factory, in other words, close to the customer. While the internal performance lowered, mainly in the requirement quality. With respect to part of the costs it can be observed that if the device had been apply in the beginning of the project would have avoided some unnecessary costs and preserved the image of the company in front of the customer. However, the rising given to us information, that the device is beneficial, however not in 100% of the variables of a process. Therefore, for the present case, it can be said that many of the problems of the process still didn't finish with *Poka Yoke* installation.

Key words: *Poka Yoke*; Performance; Cost benefit.

1 *Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ*

2 - *Discente da Universidade de Taubaté pelo Curso de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional. E-mail: jean.resende@autoliv.com*

3 - *Docente da Universidade de Taubaté e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: glenio@unitau.br*

4 - *Membro da ABM, Doutorando do Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Guaratinguetá FEG/UNESP, Professor Assistente do Departamento de Mecânica, na Faculdade de Tecnologia, Campus Regional de Resende – UERJ, Estrada Resende Riachuelo, S/N, Morada da Colina, 27 523-000, Resende, RJ, Brasil. E-mail: palmeira@uerj.br.*

1 INTRODUÇÃO

No setor automotivo, a indústria japonesa destaca-se pela capacidade de criar, transformar e, principalmente, adaptar ferramentas que garantam elevada produtividade com qualidade e, sobretudo, confiabilidade dos processos e produtos.

Uma destas ferramentas é conhecida como *Poka Yoke*.

O *Poka Yoke* é uma ferramenta de origem japonesa introduzida em 1961 pelo engenheiro Shigeo Shingo em uma indústria automobilística denominada Toyota Motor Corporation. Esta é atualmente utilizada em larga escala nas mais diferentes atividades econômicas, especialmente em setores industriais e de serviços.⁽¹⁾

A tradução para a palavra japonesa *Poka* vem de inadvertência, desatenção, descuido e *Yoke* para o verbo evitar.

Poka Yoke não significa apenas dispositivos elétricos/eletrônicos ou mecânicos aplicados a uma operação ou um processo industrial, *Poka Yoke* na verdade são todos os sistemas que tem por objetivo impedir, prevenir ou detectar a execução incorreta de uma determinada tarefa ou operação.

Estes dispositivos são utilizados principalmente na produção industrial com a finalidade de evitar que os defeitos ocorram já na “partida” da produção, ou seja, age preventivamente em relação ao que será produzido. Quando isto não é possível, o *Poka Yoke* pode ser utilizado para efeito detectivo, isto é, identificando defeitos, com a maior brevidade, após o início da produção.

No nosso dia-dia encontramos diversos produtos fabricados com dispositivos a prova de erros. Desde uma tampa de caneta esferográfica, fabricada para evitar que ela estoure, até um computador com entradas únicas para os cabos e disquetes.

O ser humano está propenso a erros pela sua própria natureza. Ninguém é capaz de fazer 100% de tudo com precisão e confiabilidade. Portanto os processos conduzidos e controlados pelo homem estão suscetíveis à falhas.

O método *Poka Yoke* também é baseado na característica do ser humano de esquecer das coisas. Para evitar este problema utilizamos listas de verificação onde aplica-se também o conceito do dispositivo a prova de falhas.⁽²⁾

Inúmeras são as vantagens que se pode obter com a utilização de dispositivos contra erros operacionais e de máquinas, tais como: a eliminação de erro que poderiam se transformar em não conformidade; a montagem de peças erradas, invertidas ou com ausência de componentes; a eliminação de desgastes e quebras com ferramentas e equipamentos e o aumento da produtividade.⁽³⁾

Na determinação de um dispositivo a prova de erros é importante definir primeiramente o método de controle e o sistema de inspeção. Em seguida define-se o tipo ou modelo a ser aplicado, podendo ser por contato, de conjunto ou de etapas.

Para Myake e Ramos,⁽⁴⁾ os métodos à prova de erros podem ser classificados conforme descritos a seguir:

- Eliminação: mudanças de tecnologia para eliminar operações propensas a erros.
- Substituição: substituição do operador humano por um não humano.
- Facilitação: inserindo meios no sistema para reduzir propensão de erros. Um exemplo pode ser à codificação de cores.
- Detecção: tem como objetivo detectar o erro humano o mais breve possível.
- Mitigação: fornece meios para evitar danos. Como exemplo o fusível de equipamentos elétricos.

A indústria automotiva é a atividade econômica que mais emprega o *Poka Yoke*, principalmente no que tange à produção de itens de segurança. Como a empresa em estudo fabrica somente itens de segurança, estes dispositivos são utilizados em larga escala.

1.1 Natureza do Problema

A célula de produção em estudo fornece grande quantidade de um mesmo tipo de produto para dois clientes da indústria automobilística. Um deles controla o produto que recebe na sua linha de produção por meio de etiquetas contendo códigos de barras. A falta desta etiqueta ou mesmo a falha de leitura, com a identificação de dados incorretos ou repetidos, foram motivos de reclamações do cliente. Tais problemas, geravam paradas de linha de produção e bloqueio de pátio de veículos prontos para venda.

O estudo em questão trata exclusivamente de um *Poka Yoke* eletrônico implementado na célula de produção de um produto de segurança veicular. Este tem a finalidade de controlar a quantidade e repetibilidade das etiquetas, bem como um leitor para verificar a presença e qualidade da impressão de cada etiqueta, garantindo inclusive a fixação de uma porca na mesma operação.

1.2 Objetivos do Trabalho

O objetivo geral deste trabalho foi demonstrar como a aplicação de um dispositivo *Poka Yoke* pode influenciar na produtividade e qualidade de um processo industrial, aumentando inclusive a confiabilidade dos produtos fabricados.

Como objetivos específicos buscou-se:

- Verificar a confiabilidade dos produtos entregues aos clientes.
- Avaliar a satisfação dos clientes.
- Analisar os resultados financeiros relacionados aos investimentos na implementação do *Poka Yoke* e os custos agregados com as não conformidades encontradas nos produtos fornecidos aos clientes.

1.3 Caracterização do Processo Industrial

A Figura 1 ilustra o *layout* da célula de produção onde o estudo foi realizado, concentrando-se as análises nas operações AB 050 e AB 060.

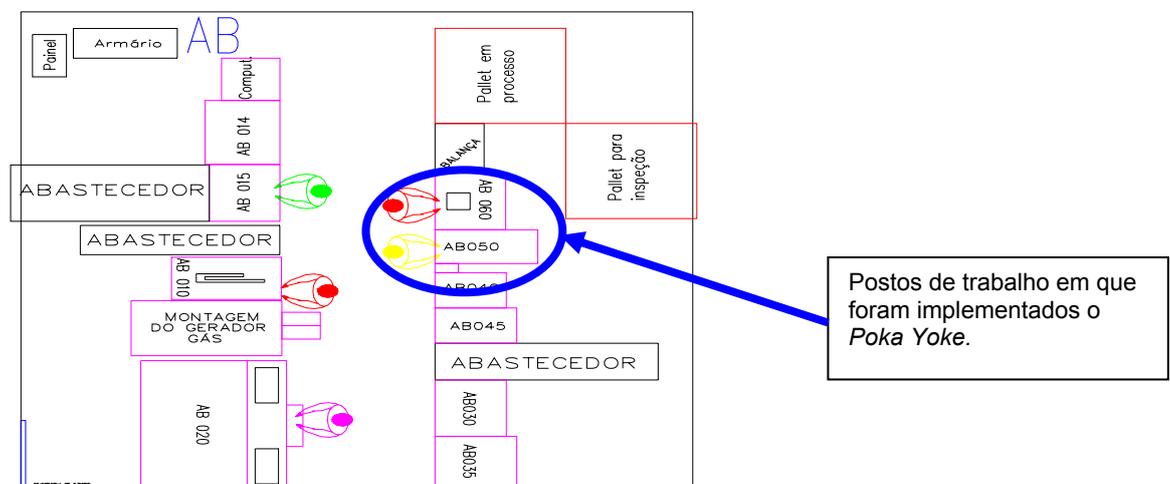


Figura 1 – Layout da célula de produção

A célula de produção estudada é composta atualmente por dez operações, onde trabalham cinco operadores e um líder de produção por turno. A linha opera em dois turnos diários e, segundo a estrutura organizacional, o líder reporta-se a um supervisor de produção.

Nas Figuras 2 e 3, têm-se o detalhamento dos dois postos de trabalho em questão com uma ilustração das duas leitoras dos códigos de barras. O princípio básico do dispositivo é, em primeiro lugar, garantir a rastreabilidade do componente de acordo com a Figura 2, que acontece no posto AB 050 (Figura 1). Neste Posto também é impressa a primeira etiqueta de código de barras (automaticamente), após a leitura do componente, que é anexada ao produto final. A segunda etiqueta é impressa (automaticamente) somente se houver a leitura da primeira e a realização da operação AB 050, que é torquear a porca de fixação do conjunto. A segunda etiqueta de código de barras é a principal, pois é controlada 100% pelo cliente.



Figura 2. Leitora do código de barras Componente



Figura 3. Leitora da primeira etiqueta de código de barras

2 PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

O estudo foi desenvolvido com dados provenientes da célula de produção de itens de segurança veicular, a partir da implementação de um dispositivo à prova de erros (*Poka Yoke*).

O estudo buscou explorar, a partir de uma análise dos dados, os aspectos negativos e positivos encontrados na célula de produção após a implantação do *Poka Yoke*.

A análise se deu por meio da interpretação de indicadores de performance de produtividade e qualidade do processo, levando-se em consideração os fatos e observações relevantes sobre os acontecimentos do dia-dia da linha de produção em estudo.

2.1 Coleta e Tratamento dos Dados

Para a análise da implementação do dispositivo *Poka Yoke* junto ao processo de produção, foram utilizados quatro indicadores de desempenho já utilizados regularmente pela empresa para o gerenciamento do seu parque fabril.

Um dos indicadores trata da eficiência da produção, isto é, mede o tempo necessário para se produzir uma unidade do produto, em função da quantidade de operadores utilizados. Este tempo leva em consideração todas as paradas da manufatura, independentemente da sua causa.

Um outro indicador aplicado reporta a quantidade de defeitos encontrados em itens produzidos. Estes valores estão expressos em uma linguagem comum da indústria automotiva conhecida como PPM, ou itens defeituosos em partes por milhão.

Um terceiro indicador mede a quantidade de defeitos detectados pelo cliente em sua linha de produção. Estes dados também estão indicados na unidade de PPM, sendo este um dos indicadores que medem a satisfação dos clientes.

O último indicador está relacionado a quantidade de reclamações dos clientes em função de problemas relacionados ao recebimento de produtos deficientes.

Todos os indicadores anteriormente descritos tiveram seus dados coletados no período compreendido entre o início de 2003 e o final de 2005. Entretanto, os dados de 2003 e 2004 relacionam-se ao período anterior à implementação do dispositivo *Poka Yoke* e os de 2005 após a instalação do mesmo.

No que tange aos investimentos para a implantação do *Poka Yoke* e aos custos adicionais verificados pela falta do dispositivo, mediu-se apenas os valores provenientes de não conformidades dos produtos com a não utilização do *Poka Yoke*. Estes valores foram calculados a partir das informações obtidas nos diversos departamentos envolvidos: qualidade, manutenção, informática, entre outros.

2.2 Identificação e Definição de Indicadores

2.2.1 Indicador de eficiência de produção

Este indicador é um dos meios de controle do gerenciamento da produção, onde se leva em consideração todas as paradas da célula, desde uma simples manutenção, passando por falta de mão-de-obra, panes de informática, falta de abastecimento logístico e até problemas de qualidade dos componentes. Estes dados são coletados e mantidos mensalmente com o objetivo de garantir a eficiência produtiva adequada, assim como promover uma melhoria no processo de manufatura. A Equação (1), para cálculo deste índice, é apresentada a seguir:

$$\text{Eficiência da linha} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operadores} \times \text{Período em minutos}}{\text{Quantidade de peças produzidas no período}} \quad (1)$$

2.2.2 Indicador de PPM

Este indicador se desdobra em dois: o PPM interno e o PPM externo à empresa. O PPM interno é um indicador utilizado para medir a qualidade interna dos produtos manufaturados. Estes dados mostram os problemas internos já mencionados no item 1.1 (Natureza do Problema). Estes são geralmente controlados pela engenharia de processo e o seu cálculo se faz pela aplicação da Equação (2), a seguir:

$$\text{PPM Interno} = \frac{\text{Quantidade de operações defeituosas}}{\text{Qtde. de pçs produzidas} \times \text{Qtde. de postos da linha}} \times 1.000.000 \quad (2)$$

Já o PPM externo indica os problemas detectados pelos clientes, isto é, mostram a quantidade de defeitos que ocorreram na planta do cliente em um fornecimento de um milhão de peças. Estes dados devem ser gerenciados constantemente, pois ele se reflete na satisfação do cliente. O indicador é calculado de acordo com a Equação (3), a seguir:

$$\text{PPM Externo} = \frac{\text{Qtde de peças rejeitadas pelo cliente}}{\text{Quantidade de peças entregue}} \times 1.000.000 \quad (3)$$

2.2.3 Indicador de quantidade de peças rejeitadas (QPR)

As peças rejeitadas no cliente são aquelas que geram o PPM externo. A medição deste indicador é feita pela soma direta de peças reclamadas pelo cliente, conforme Equação (4).

$$\text{QPR} = \Sigma \text{Peças Reclamadas pelo Cliente no mês} \quad (4)$$

2.2.4 Indicador de quantidade de reclamações do cliente (QRC)

Este indicador visa quantificar as reclamações que ocorreram por parte do cliente no mesmo período em que foi levantado os dados de eficiência da célula de produção em PPM, ou seja, os indicadores apresentados anteriormente. Estas reclamações são quantificadas uma a uma, conforme Equação (5), e constituem também uma maneira de medir a satisfação do cliente.

$$\text{QRC} = \Sigma \text{Reclamações dos Clientes no mês} \quad (5)$$

2.2.5 Indicadores de custos financeiros (custos da não-qualidade x investimentos no dispositivo Poka Yoke)

Estes dados são coletados em diversos departamentos da empresa e têm como finalidade analisar os valores gastos com a correção das falhas, antes da implantação do dispositivo, com o investimento de sua implantação. Estes valores são calculados em função dos dados obtidos junto aos departamentos já mencionados anteriormente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme apresentado na metodologia, os indicadores utilizados foram aplicados gerando os resultados mostrados a seguir.

Pela Figura 4, pode-se observar que a eficiência da linha de produção melhorou sensivelmente de meados de 2003 até 2005; porém começou a aumentar após aparecerem os primeiros problemas de entrega de produtos defeituosos para o cliente.

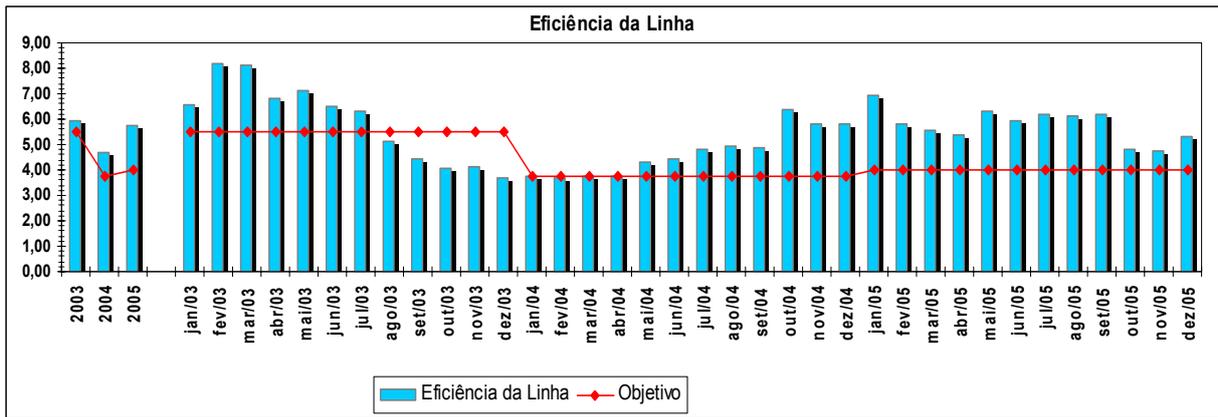


Figura 4. Indicador de Eficiência de Produção

Já Figura 5, que apresenta a quantidade de problemas internos, o resultado demonstra exatamente o contrário. Neste, a quantidade de problemas internos, eliminados entre meados de 2004 e início de 2005, reapareceu ao longo de 2005.

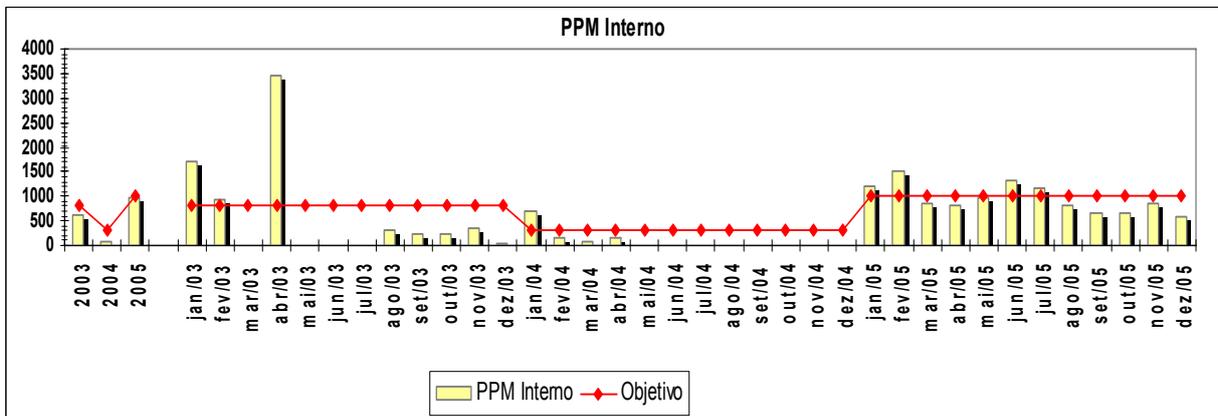


Figura 5. Indicador de PPM Interno

Em relação ao Gráfico da Figura 6, é possível observar que no mesmo período em que a qualidade interna melhorou a externa também, ou seja, os clientes ficaram mais satisfeitos. O mesmo efeito pode ser visto nos indicadores representados nos Gráficos das Figuras 7 e 8. Estes mostram as quantidades de peças com problemas de qualidade e, como consequência, as reclamações dos clientes.

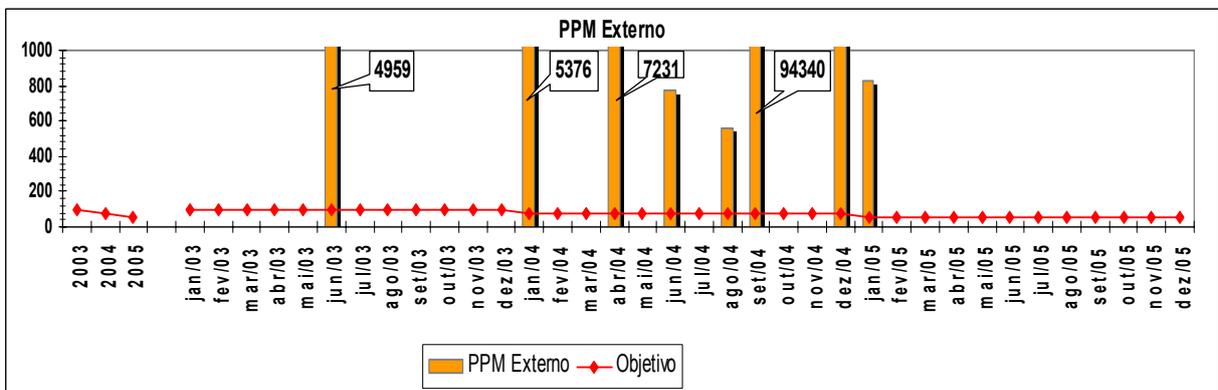


Figura 6. Indicador de PPM Externo

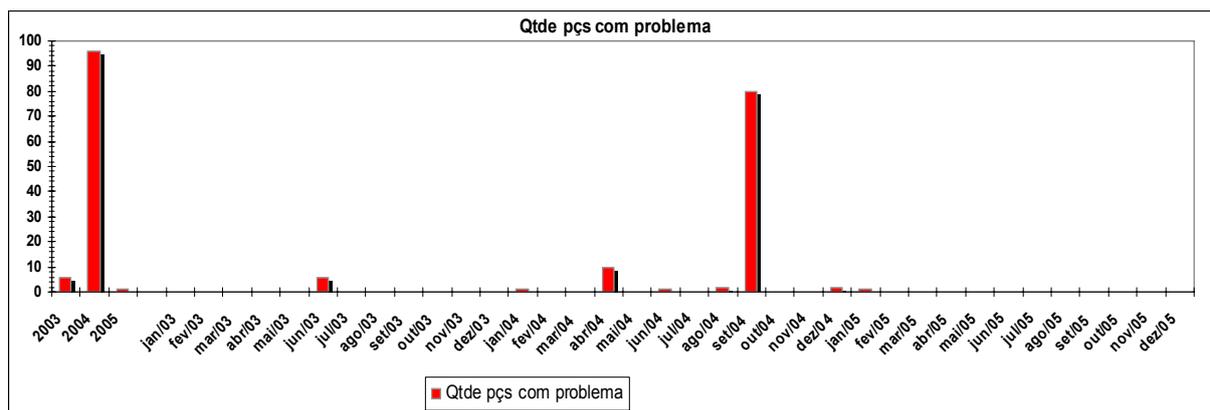


Figura 7. Indicador de Quantidade de Peças Rejeitadas

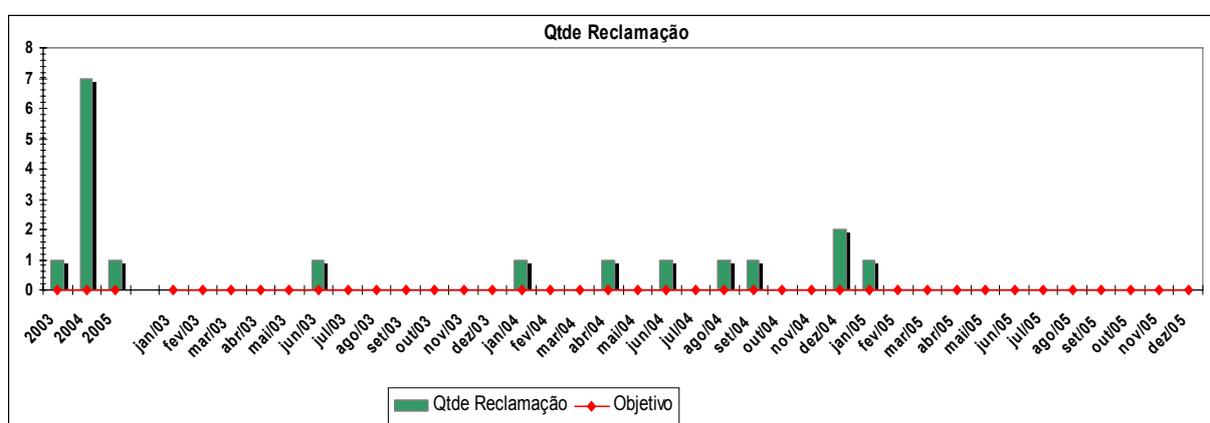


Figura 8. Indicador de Quantidade de Reclamações dos Clientes

Os resultados organizados na Tabela 1 representam os custos pertinentes aos problemas ocorridos entre 2003 e 2005 e os custos de investimentos relacionados com a implementação do dispositivo *Poka Yoke*.

Tabela 1 – Custos Antes e Após a Implantação do *Poka Yoke*

Ano	2003	2004	2005
Custos do Cliente	0,00	59.748,21	7.908,00
Custos Gerais	2593,00	14.730,00	760,00
Custos de investimento dos dispositivos	–	–	5.367,06

Os Custos do Cliente, apresentado na Tabela 1, relaciona-se aos custos gerenciais do cliente cobrado do fornecedor em função da gravidade de cada incidente ocorrido.

No que diz respeito aos Custos Gerais, estes referem-se aos seguintes gastos contabilizados para a solução do problema provocado no cliente: hotel, transporte, refeição e mão-de-obra terceirizada. Nestes gastos não foram contabilizados os custos de difícil mensuração, tais como: telefone e salários de colaboradores envolvidos no suporte ao cliente e na solução do problema.

Os custos relacionados com a implementação foram relacionados à compra de uma CLP e dois leitores de código de barras.

Assim, os resultados consolidados podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados Consolidados dos Indicadores

Categoria de Indicadores	Indicadores	Média do período antes do <i>Poka Yoke</i>	Média do período após o <i>Poka Yoke</i>
Satisfação de Clientes	Quantidade de reclamações (unid.)	7	0
	PPM Externo	244	0
	Qtde pçs rejeitadas	52	0
Qualidade e Produtividade	PPM Interno	350,5	952,0
	Eficiência da Linha (Pçs/minuto)	5,30	5,77
Custos da não qualidade	Custos do cliente Reais (R\$)	67.656,21	0
	Custos gerais Reais (R\$)	18.083,00	0
	Custos totais Reais (R\$)	85.739,21	0
Custos com ações corretivas	Reais (R\$)	1.833,00	5.367,06

4 CONCLUSÃO

A análise dos resultados apresentados pela célula de produção de autopeças com a aplicação da técnica de *Poka Yoke*, evidencia uma significativa melhora do desempenho do processo. Muitos problemas recorrentes foram resolvidos com a implantação do dispositivo *Poka Yoke*.

A Tabela 2, já apresentada, evidencia que houve uma melhora significativa na satisfação dos clientes. Assim como houve também uma redução acentuada dos custos com as falhas de qualidade que chegaram a representar um montante 10 vezes superior ao custo de investimento com a implantação do dispositivo a prova de erros.

Entretanto, os resultados da produtividade e da qualidade interna, não atenderam as expectativas, principalmente no que diz respeito a quantidade de itens defeituosos que aumentou mais de 200% em média. Em relação a produtividade da linha de produção houve um pequeno acréscimo resultante da redução de custos.

A confiabilidade do produto para o cliente, conforme pôde ser observado pelo indicador de quantidade de peças rejeitadas, elevou-se significativamente, não ocorrendo mais nenhum caso, após a implementação do *Poka Yoke*.

Contudo, cabe ressaltar que, apesar de melhorar o requisito de satisfação do cliente, após todos os esforços, a imagem perante o cliente continua desgastada, isto porque o problema demorou muito a ser resolvido.

Como já se sabia que os problemas observados existiam desde 2003, e que não existia na época ações robustas o suficiente para evitar que o problema chegasse até o cliente, a questão que se coloca é: por quê o dispositivo não foi implantado anteriormente?

Pode-se afirmar que, se o dispositivo tivesse sido aplicado a mais tempo, teria evitado custos adicionais desnecessários e preservado a imagem da empresa perante o cliente.

Porém outros problemas não puderam ser resolvidos com a implantação do *Poka Yoke*. Conclui-se, portanto, que, muitas vezes, a solução de um problema vai muito além do que a instalação de um dispositivo à prova de falhas, pois nem sempre este dispositivo é capaz de alcançar todas as variáveis existentes no processo produtivo. Fica evidente que, assim como ele trouxe benefícios, também

forneceu perdas, de acordo com o que pôde ser observado nas falhas internas do processo em estudo.

REFERÊNCIAS

- 1 ARAUJO, Miguel. **Melhoria Contínua Dr. Shingeo Shigeo e Poka Yoke.** Arquivo eletrônico em linguagem html. Disponível em <http://melhoriacontinua.blogs.sapo.pt/arquivo/258825.html>. Acesso em 22 mai. 2005.
- 2 SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman 2002.
- 3 LESSE, Carlos D. **Gestão da melhoria contínua da qualidade e produtividade em uma célula de produção.** 1 ed. São Paulo: Monografia 2002.
- 4 MYAKE, Dario e RAMOS, Alberto. **Sistemas de apoio à produção.** Arquivo eletrônico em linguagem pdf. Disponível em www.poli.usp.br/pro/disciplinas/docs/pro2421/PokaYoke.pdf. Acesso em 22 mai. 2005, às 22:57 hs.