



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

TÉCNICA DE POKA-YOKE - ANÁLISE DE FALHA PARA GARANTIA DE PROCESSOS E PRODUTOS

Gomes, Jader Bôsko, jaderbosco@hotmail.com¹

Castro, Carlos Alberto Carvalho, carloscastro@varginha.cefetmg.br¹

¹CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Rua Dr. José Resende Pinto, 200 – Vila Pinto – Centro – Varginha – MG - Brasil

***Resumo** A técnica de Poka-yoke 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. Uma outra característica é a busca por vantagem competitiva, especialmente para as empresas que vêm desempenhando um papel de crescente importância na economia mundial, tornando-se ainda mais necessária em relação a seus concorrentes. A oferta, cada vez maior, obriga as empresas a diminuir seus custos produtivos disponibilizando ao mercado produtos e serviços que contenham menor valor agregado. Este trabalho pretende envolver os conceitos dos métodos Poka-yoke, suas funções básicas e os tipos de dispositivos que podem ser usados para prevenir e detectar erros e defeitos, oriundos dos processos.*

***Palavras-chave:** poka-yoke, falhas, processos produtivos*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade do desenvolvimento de metodologias que promovam a melhoria do desempenho dos processos de manufatura há muito tem sido colocada como uma das principais prioridades de muitas organizações.

Recursos humanos e financeiros têm sido crescentemente empregados na busca de soluções que permitam aos sistemas de manufatura produzir com custos menores, com maiores níveis de qualidade, podendo estar associado a diferentes dimensões que envolvam desde as características de controle primárias de um produto até aspectos intangíveis de escolha.

Essa situação denota a importância assumida pelos ambientes de manufatura no combate às fontes de desperdício, tendo como foco a totalidade do fluxo produtivo e não apenas as operações na sua forma individualizada. Nessa abordagem, Zimmer (2000) esclarece que o processo de melhorias no ambiente da manufatura poderia se dar das seguintes formas:

- melhorias conduzidas nas operações de manufatura, com ênfase na redução de perdas por meio de uma análise detalhada de suas causas (equipamento, mão-de-obra, materiais, métodos etc.), identificando-as e resolvendo-as em suas raízes;
- melhorias conduzidas no processo de manufatura, com a eliminação de inspeções e de retrabalho através da garantia na fonte da qualidade. Isso seria atingido determinando-se os parâmetros de manufatura que são responsáveis pela produção de peças em conformidade, e monitorando e ajustando rigorosamente cada operação, no sentido de atingir esses parâmetros de manufatura.

A utilização de dispositivos à prova de erros tem crescido em várias empresas, principalmente naquelas em que estão sendo conduzidos programas de melhoria de desempenho dos processos de manufatura, como o Controle de Qualidade Zero Defeito. Uma maneira de se atingir tal meta é por meio da implementação de dispositivos *Poka-yoke*, uma abordagem implantada há tempo por empresas japonesas como uma eficaz ferramenta para atingir zero defeito e, também, eliminar inspeções de controle da qualidade. A principal premissa associada ao conceito do *Poka-yoke* é a de que as falhas humanas são inevitáveis, mas podem ser eliminadas prevenindo-se que uma falha venha a se tornar um defeito, Ghinato (2000).

O erro humano tem sido uma grande preocupação no ambiente de manufatura e nos sistemas produtivos em geral, pois engloba aspectos que vão desde a concepção desses sistemas até a sua operação. Uma análise dos últimos 30 anos mostra que, nos sistemas aeroespaciais, tem-se uma porcentagem de falhas creditadas ao erro humano que varia de 50 a 75% do total de falhas verificadas. De certa maneira, o que se tem constatado com frequência é que a maior parte dos

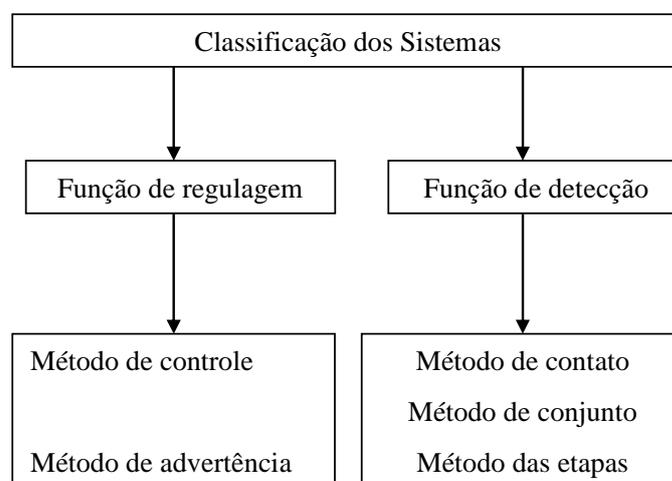
estudos visando à confiabilidade de sistemas tem se pautado na análise de máquinas e seus componentes, preterindo a influência do homem, que tem significativa importância dentro do sistema produtivo, Ghinato (2000).

O objetivo principal deste trabalho é verificar algumas técnicas *Poka-yoke* utilizadas para a análise de falha para garantir a confiabilidade de técnicas de processos e produtos.

2. DESENVOLVIMENTO DOS MÉTODOS POKA-YOKE

Poka-yokes são dispositivos, métodos e/ou sistemas que tem como função evitar erros. Foram idealizados por Shigeo Shingo na Toyota como forma de proteger o processo de produção, tendo em vista, que erros não observados podem originar produtos defeituosos, Tsou & Chen (2004). Shingo (1986) propõe, originalmente, duas funções *Poka-yoke*: a primeira, conhecida como função de controle, alerta para a existência do erro, parando a produção para sua correção através dos métodos de controle e alerta. A segunda chamada função de detecção que controla a produção com base em parâmetros estabelecidos, detectando irregularidade, através dos métodos de posicionamento, contato, contagem e comparação, Santos (2006). Para simplificar a classificação dos sistemas, pode-se desenvolver da seguinte maneira, segunda a Tab.(1).

Tabela 1. Classificação dos sistemas de Poka-yoke.



Portanto os métodos podem ser distribuídos da seguinte maneira são:

Método do Controle: Interrrompe a máquina ou a linha de produção, fazendo uma ação imediata e corretiva;

Método da Advertência: Detecta e sinaliza a irregularidade utilizando mecanismos luminosos ou sonoros na espera dos responsáveis para averiguação;

O Método de contato é outra ferramenta que pode ser utilizada tanto fisicamente como mecanicamente. Estudos apontam que a utilização de estímulos táteis juntamente com estímulos visuais pode produzir respostas mais velozes que somente um dos estímulos em separado e ainda que o tato seja um poderoso concentrador da atenção do usuário, Spence et al (2004). Esta informação é relevante para a criação de *Poka-yokes* com base em controles sensoriais. Em alguns casos, o estímulo tátil pode ser uma boa alternativa, pois o tato é percebido independente dos outros sentidos e não interfere nos demais, Kopper *et all* (2004);

Método do Conjunto: Cada etapa é realizada seqüencialmente, garantindo que todas as fases sejam realizadas;

Método das Etapas: Cada etapa é realizada cronologicamente para que não ocorram erros durante a montagem ou produção;

Um dispositivo *Poka-yoke* dentro da manufatura tem como função básica a paralisação de um sistema produtivo (máquina, linha, equipamento etc.); o controle de características pré-estabelecidas do produto e/ou processo e a sinalização quando da detecção de anormalidades. Tais funções básicas são utilizadas para prevenir um defeito, impedindo a sua ocorrência ou detectando-o após o seu evento, podendo, assim, serem classificadas como Função Reguladora ou Mecanismos de Detecção, Moura & Banzato (1996).

Um método muito utilizado é o de posicionamento que elaboram dispositivos que permitem a condução de operação somente em uma posição correta do conjunto de elementos nela envolvidos, impedindo fisicamente que o conjunto seja montado de forma inadequada, conforme Fig. (1).

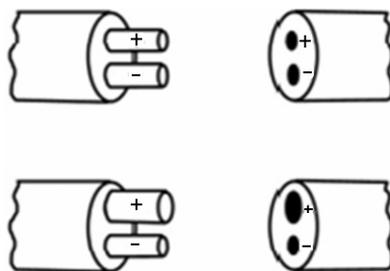


Figura 1. Exemplo de Poka-yoke de posicionamento

3. MÉTODO DE PESQUISA E APLICAÇÃO NO SETOR INDUSTRIAL

Este trabalho caracteriza como exploratório, focando em alguns métodos utilizados em aplicações de *Poka-yoke*. Deve-se salientar que este estudo segue algumas metodologias que auxiliam na síntese e regulamentação do sistema, bem como a análise da confiabilidade humana e o trabalho a ser realizado.

Esta confiabilidade humana envolve a probabilidade de que uma tarefa, ou um serviço, seja feito com sucesso dentro do tempo reservado para o mesmo. A Fig. (2) ilustra o impacto do erro humano sobre a falha do sistema durante o ciclo de vida de um dado produto, Calarge *et all* (2004). Pode-se verificar que os erros de montagem, depois de certo tempo, diminuem muito e, eventualmente, podem atingir uma taxa constante. O mesmo acontece com os erros devidos à manutenção, com exceção do que ocorre em sua fase inicial, quando existe uma probabilidade maior de quebra de equipamento, provocando mais trabalho e maior possibilidade de erro.

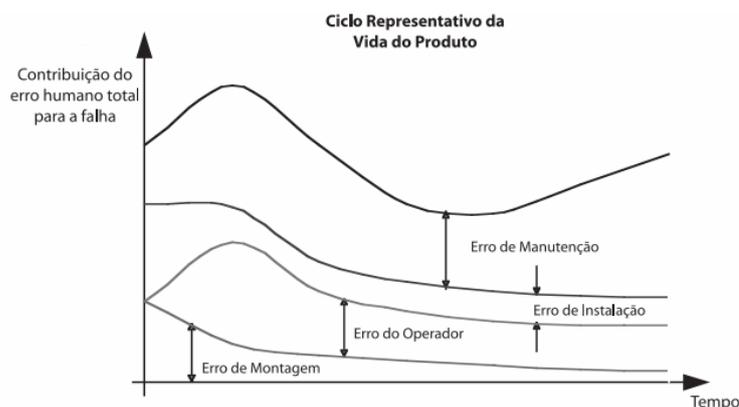


Figura 2. Contribuição do erro humano para a falha em relação ao tempo.

Este trabalho relata algumas experiências registradas em fabricas do setor industrial onde foram aplicados os métodos de controle utilizando o *Poka-yoke*. Vale ressaltar que são dispositivos que garante o fator produtivo e qualidade, evitando perdas e erros durante o processo de fabricação.

Cada método desenvolvido é testado para verificar a sua eficácia perante o sistema. Caso ocorra alguma falha é solucionado o problema e faz novamente outra validação.

O estudo em questão mostra como uma empresa do seguimento automobilístico produz uma determinada peça, onde são utilizadas várias máquinas seqüenciadas para a sua fabricação. Ressalta que nas etapas de fabricação são encontrados alguns dispositivos baseados no método de controle que conduz à parada do equipamento, caso ocorra algum problema de processo. Um exemplo pode ser verificado na área de processo de soldagem GMAW é possível encontrar *Poka-yoke* auxiliando na detecção de arames de solda, como pode ser visto na Fig.(3).

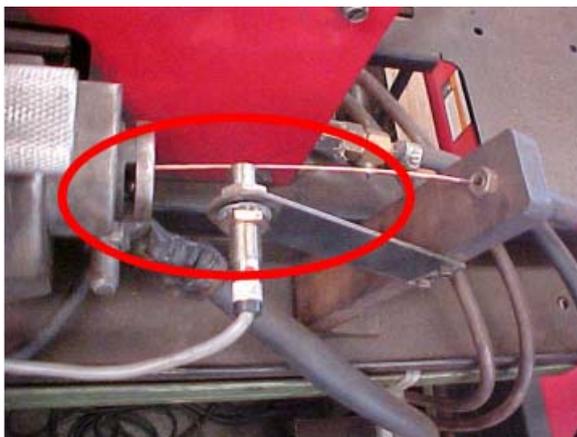


Figura 3. Poka-yoke detector de presença de arame para solda GMAW

4. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PARA APLICAÇÃO DE POKA-YOKE

Para o desenvolvimento de um modelo *Poka Yoke* é necessário estabelecer alguns métodos de verificação seja de: controle, advertência, contato, conjunto ou etapas que contribuirão para uma determinada tarefa específica.

No processo produtivo é necessário identificar as variáveis que podem inferir no sistema. Neste caso, pode-se identificar:

- Identificação do problema, p ;
 - Método, M ; Mão-de-obra, Mo ; Máquina, Mq ; Material, Ma ; Meio ambiente, Me ; Dispositivo de Medição, Dm .

Para o modelo de identificação do problema, tem - se como função:

$$f_p (M, Mo, Mq, Ma, Me, Dm) \quad (1)$$

- Mecanismos de resposta, r ;
 - Por eliminação, E ; Por substituição, S ; Simplificação, Si ; Atenuação, A ; Outras causas (especiais), Oc .

Para o modelo de resposta, tem - se como função:

$$f_r (E, S, Si, A, Oc) \quad (2)$$

Com o conhecimento destas variáveis denota a importância assumida pelos ambientes de fabricação no combate às fontes de desperdício, tendo como foco o conjunto do fluxo produtivo e não apenas as operações na sua forma individualizada. Com isto espera-se reduzir as perdas identificando as causas.

Neste contexto, deve-se aliar um programa de prevenção de erros em cada etapa do processo de manufatura, envolvendo equipamentos e estações de trabalho, desenvolvendo modelos, dispositivos e procedimentos que garantam que as peças só sejam produzidas em conformidade com as especificações requeridas. Uma das maneiras de se conduzir uma metodologia de prevenção de erros na fonte do processo é através da utilização de modelo *Poka Yoke*.

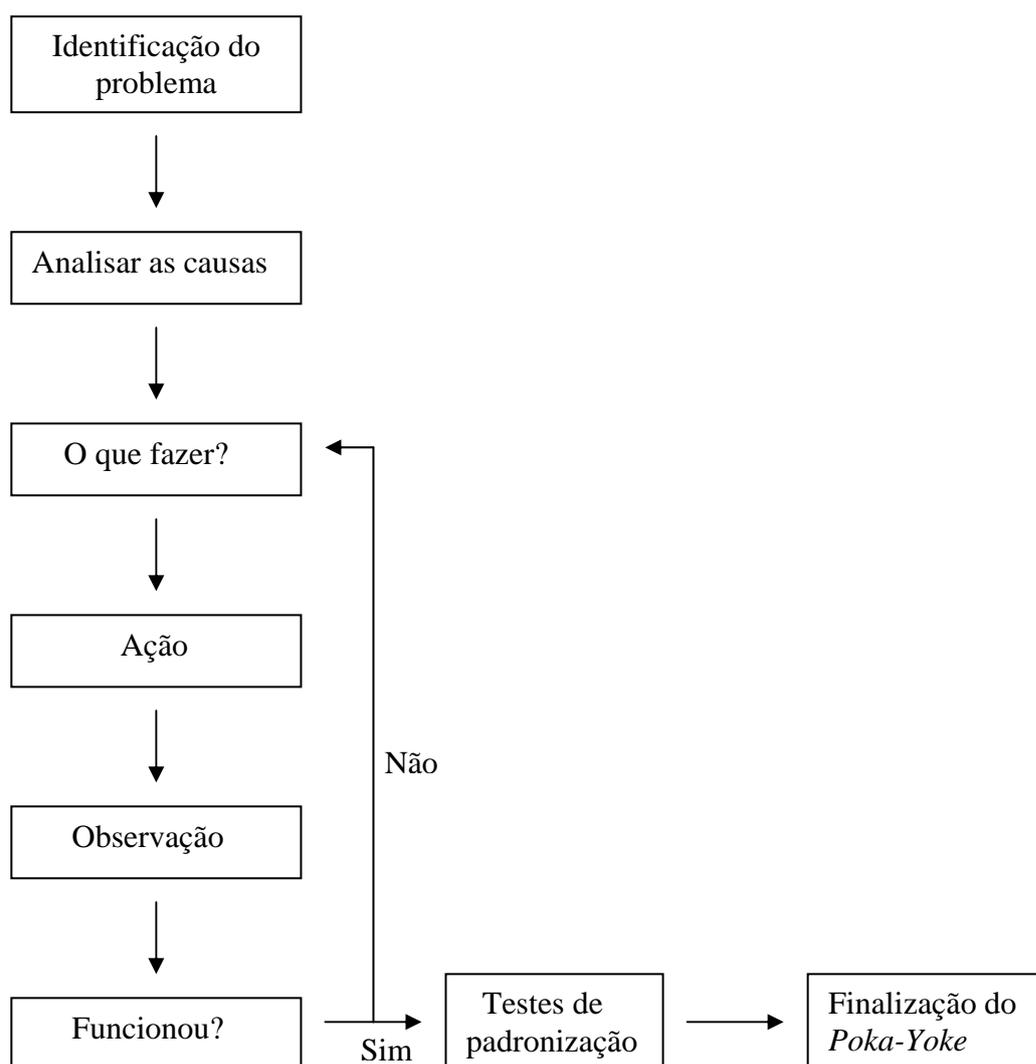
Com este modelo é possível desenvolver um fluxograma que poderá ser aplicado de maneira específica ao estudo em questão.

5. DESENVOLVIMENTO DE UM FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DE POKA-YOKE

Um método *Poka yoke* dentro da manufatura tem como funções básicas a paralisação de um sistema produtivo (máquina, linha, equipamento etc.); o controle de características pré-estabelecidas do produto e/ou processo e a sinalização quando da detecção de anormalidades. Tais funções básicas são utilizadas para prevenir um defeito, impedindo a sua ocorrência ou detectando-o após o seu evento, podendo, assim, serem classificadas como (Moura & Banzato, 1996) Função Reguladora ou Mecanismos de Detecção.

O fluxograma apresenta o modelo proposto, investigativo para descobrir a causa fundamental do problema, analisam-se a possibilidade de utilização de método *poka-yoke* para suprimir o problema a partir de procedimentos específicos, como os mecanismos de respostas. Caso a aplicação do método seja viável, o plano de ação será todo

voltado para a implantação do mesmo e, em seguida, será feito o teste de padronização para avaliar a eficácia do método indicado, com a finalidade de inibir o problema.



Caso o método proposto não ajude a solucionar o problema, o ciclo voltará no “o que fazer?” e iniciar novamente a busca da solução.

6. APLICAÇÃO DE POKA-YOKE UTILIZANDO O FLUXOGRAMA

Um exemplo de aplicação de *Poka-Yoke* pode ser verificado na Fig.(4), onde o relógio comparador digital está em interface a um sistema de informação, que indica a presença ou ausência de componentes (discos), em um determinado número de peças sobrepostas formando um pacote para válvulas, verificando as espessuras. Isso se dá com a definição da especificação de montagem do pacote, alterando a quantidade de componentes (elementos), na montagem da válvula, conforme especificação de carga do produto final. (válvula). Ver Tab. (1) - Medições da primeira estação.

Tabela 1: Valor de espessura de discos

Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas	Medidas
0,002	0,002	0	0,001	0,001	0,014
0,004	0,005	0,006	0,005	0,003	0,002
0,002	0,01	0,003	0,004	0,008	0,004
0,002	0,004	0,006	0	0	0,002
0,006	0,002	0,003	0,003	0,016	0,007

Vale ressaltar que a especificação máxima do conjunto é: 0,036 mm (conjunto montado).

Os valores indicados como “0” indica ausência de elemento, componente (disco) no pacote da montagem da válvula.



Aprovado



Reprovado

Figura 4. Poka-yoke detector de presença de peça

Ao encontrar ausência, ou seja, falta de elementos (discos), a estação do sistema interrompe automaticamente, impedindo que o processo prossiga para a próxima etapa.

Nesse caso, inicia-se a rotina do fluxograma já apresentado, ou seja, identificar o problema, analisar a causa raiz, tomar as ações necessárias e reiniciar o processo. Caso o problema persista, outras ações serão tomadas, como: parada da produção, segregação das peças produzidas, identificação dos lotes, verificação de falhas eletrônicas, mecânicas ou até mesmo falha humana.

O funcionamento do fluxograma serve como uma ferramenta para verificar e analisar um processo produtivo. Para isso, é necessário que todos os funcionários envolvidos atuem de forma consistente na identificação de problemas, bem como na sua solução.

7. CONCLUSÃO

Em um processo produtivo, as empresas bem como os funcionários estão envolvidos na resolução de problemas e melhorias contínuas dos processos, isto implica numa maior participação, satisfação e comprometimento de ambas as partes., Isto viabiliza os investimentos, crescimento técnico, o sentimento de competência e, quando os resultados aparecem, todos percebem que são capazes de enfrentar e vencer novos desafios.

Acredita-se que a implementação de dispositivos Poka-Yoke em linhas de manufatura, aumente a detecção de possíveis falhas, garantindo funcionalidade melhor do processo.

Ressalta que os métodos Poka-Yoke *reduzem as* interferências, principalmente por erros humanos, como consequência a redução de falhas ou acidentes em processos e produtos.

Verifica-se que a utilização de ferramentas, como um fluxograma, auxilia na análise do processo, bem como na qualidade final de um determinado produto.

8. AGRADECIMENTOS

CEFET-MG - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus VIII – Varginha – MG.
FAPEMIG – Fundação de Amparo e Pesquisa de Minas Gerais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ghinato, P. (2000). Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife;
- Calarge, F. A., Davanso, J. C. The Concept of Mistake Proofing Devices Employed in Zero Defect Target on Manufacturing Processes. Revista de Ciência & Tecnologia, V.11, nº 21, pp.7-18, 2004.

- Kopper et al. Projeto e Desenvolvimento de dispositivos de geração de tato. VII Simpósio de Realidade Virtual, São Paulo, 2004;
- Moura, A.R.; Banzato, J.M. Poka-Yoke: a eliminação dos defeitos com o método à prova de falhas. São Paulo: Iman, 1996.
- Santos, A. Utilização do Tato em Mecanismos Poka-Yoke de Produtos a Base de Madeira, 2006;
- Shingo, S. Zero Quality Control: source inspection and the poka-yoke system. Oregon: Productivity Press, 1986;
- Spence et. al. Multisensory contributions to the 3-D representation of visuotactile peripersonal space in humans: evidence from the crossmodal congruency task. *Journal of Physiology, Paris*, v. 98, p. 171-189, 2004;
- Zimmer, L. Get lean to boost profits. *Forming and Casting Magazine, Michigan*, 7 (2), 2000;
- Tsou, J. C.; Chen, J. M.. Dynamic Model for a Defective Production System; with Poka-Yoke. *Journal of Operational Research Society*, vol. 56, p. 799-803, 2005.

10. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos (e inteiramente) responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

POKA – YOKE TECHNIQUE – ANALYSIS OF FAILURE FOR GUARANTEE OF PROCESSES AND PRODUCTS

Gomes, Jader Bôsko, jaderbosco@hotmail.com¹

Castro, Carlos Alberto Carvalho, carloscastro@varginha.cefetmg.br¹

¹CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Rua Dr. José Resende Pinto, 200 – Vila Pinto – Centro – Varginha – MG - Brasil

***Abstract.** The technique of Poka-yoke has for objective to hinder or to prevent the incorrect execution of one determined task or operation, preserving the security of the operators and preventing losses of process. For this, they are used, generally, electric, electronic or mechanical devices, applied to one determined operation of the industrial process. One another characteristic is the search for competitive advantage, especially for the companies who come playing a role of increasing importance in the world-wide economy, becomes still more necessary in relation its competitors. It offers, each bigger time, it compels the companies to diminish its productive costs available the market products and services that contain greater aggregate value. This work intends to involve the concepts of the Poka-yoke devices, its basic functions and the types of devices that can be used to prevent and to detect errors and defects.*

***Keywords:** Poka-Yoke, prevention, productive process, quality*