Revista Qualidade Emergente, 2016, v7 n2: 30:49

A insustentável leveza do sistema *poka-yokes*: uma revisão de literatura Conceitos de dispositivo à prova de erro

The unbearable lightness of the system poka-yokes: a literature review The concept of mistake proofing

*Nilton Cesar Pasquini
Químico Industrial, MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade, MBA em Gestão de Pessoas, MBA em PCP, *Master Black Belt*, Pesquisador Industrial: Qualidade em Geral, Pesquisador Acadêmico: Materiais e Ambiental, Mestrando em Química Tecnológia, Ufscar, São Carlos, SP. Nc.pasquini@ig.com.br

Resumo

A utilização de dispositivos à prova de erros tem crescido em várias empresas, principalmente naquelas em que esta sendo conduzidos programas de melhoria de desempenho dos processos de manufatura, como o Controle de Qualidade Zero Defeito. Dessa forma, conduziu-se uma revisão bibliográfica sobre conceitos de *poka-yoke*s, classificação de sistemas *poka-yoke*s, tipos de inspeção, tipos de erro e técnicas e diretrizes existentes para projetar e gerir *poka-yokes*. Para cada tema realizou-se uma análise, estabelecendo a relação com os *poka-yokes*.

Palavras-chave: Controle de qualidade, Inspeção, Prevenção de defeitos, Zero defeito.

Abstract

The use of mistake-proofing devices is increasing in many companies, mainly those engaged in programs related to the performance improvement of the manufacturing process, such as Zero Defect Quality Control. Therefore a literature review was made about systems poka-yoke concepts, poka-yoke systems classification, kinds of inspections, kinds of mistakes and, techniques and directions to design and manage poka-yoke.

Keywords: Quality Control, Inspection, Prevention of defects, Zero defect.

1. Introdução

Poka-Yokes são mecanismos ou procedimentos utilizados para prevenir erros em produtos, sistemas ou processos, idealizados e desenvolvidos primeiramente pelo engenheiro Shigeo Shingo, a fim de proteger a produção industrial da Toyota, de erros banais que pudessem vir a se transformar em produtos defeituosos (TSOU e CHEN, 2005).

Os sistemas de manufatura enxuta são afetados em seu fluxo contínuo por

perdas, conforme relatam os estudos de Liker e Meier (2007). Dessa forma, a produção enxuta carece de mecanismos que garantam a continuidade de fluxo e, conseqüentemente, a estabilidade da produção. Dentre as estratégias para estabilização, os *poka-yokes* têm despertado interesse na indústria e na academia, em função da aparente simplicidade de implantação e caráter intuitivo de funcionamento. De fato, Grout (2007) e Formoso et al. (2002) relatam a aplicação de *poka-yoke* em ambientes diversos, tais como construção civil, indústria automotiva, metalúrgica, saúde, logística, entre outras. Essa abrangência mostra que os sistemas *poka- yokes* desempenham um papel importante na estabilidade da produção.

2. Metodologia

Entende-se como produção científica o resultado de um processo complexo, que ocorre quando alguém acredita que pode contribuir com novos achados ao conjunto de conhecimentos já solidificados (SILVA et al., 2005). Nesse sentido, a investigação da produção científica pode ser por meio de análise bibliométrica, ou seja, estudar, mensurar as referências bibliográficas e as publicações, buscando conhecer o impacto de determinados autores ou periódicos (CARDOSO et al., 2005). Neste artigo, busca-se respaldo num resgate teórico, pois o intuito é a apresentação de um quadro teórico de referência para uma maior compreensão do tema (GIL, 1991). Em se tratando de uma proposta de construção teórica, utiliza-se a abordagem qualitativa de pesquisa. De acordo com Richardson (1999), “a pesquisa qualitativa proporciona ao pesquisador a possibilidade de uma visão mais ampla e substantiva em relação ao objeto de estudo”.

Os dados coletados são oriundos essencialmente de fontes secundárias. Foram coletados dados secundários por meio de consulta em livros, anais de eventos e revistas especializadas no âmbito da literatura nacional sobre o tema (MONACO; MELLO, 2007) e internacional.

Erros

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 freqüência 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 (IMAM, 1998).

Juran e Frang (1992) classificam os erros humanos segundo as seguintes definições:

1. erros por inadvertência: são aqueles que, no momento em que são cometidos, não são percebidos, podendo ser divididos em: não intencionais, inconscientes e imprevisíveis. As soluções para esses tipos de erros por inadvertências envolvem, basicamente, concentração na execução das tarefas e redução de extensão da dependência humana;

2. erros técnicos: podem envolver várias categorias de erros relacionados, fundamentalmente, à falta de aptidão, habilidade e conhecimento para a execução de determinada tarefa, podendo ser divididos em: não intencionais, específicos, conscientes e inevitáveis. As soluções para eles envolvem, basicamente, treinamento, mudança tecnológica e melhorias no processo;

3. erros premeditados: podem assumir diversas formas, estando relacionados, basicamente, a questões de responsabilidade e comunicação confusas, podendo ser divididos em: conscientes, intencionais e persistentes. Algumas possíveis soluções para esse tipo de erro premeditado estariam relacionadas à delegação de responsabilidades e à melhoria de comunicação interpessoal.

Atualmente, duas correntes divergem na definição de erro humano. Nomeadas como “a velha visão do erro humano” e “a nova visão do erro humano” estas correntes se contrastam por uma irreconciliável perspectiva sobre a contribuição humana para a falha ou para o sucesso de um sistema (BEKKER, 2002).

Na visão mais ortodoxa, o sistema no qual as pessoas trabalham é basicamente seguro, sendo que é atribuído às pessoas os principais problemas em relação à segurança e à não confiabilidade dos sistemas. Segundo esta visão, o progresso para a segurança pode ser feito, protegendo o sistema do ser humano através de seleção, procedimentos, automação, treinamento e ações que estabeleçam disciplina de trabalho mais segura (DEKKER, 2002).

Também as falhas podem ser divididas em duas categorias: baseadas nas regras e baseadas no conhecimento. As falhas baseadas nas regras são aquelas nas quais, a aplicação de normas e intenções corretas é feita de maneira incorreta.

Erros baseados no conhecimento são aquelas advindas de um planejamento inadequado, no qual as intenções eram corretas, a aplicação das regras é feita corretamente, porém o plano de aplicação era incorreto. Todas as categorias citadas neste modelo podem gerar dois tipos de erros: ativos e latentes. Erros ativos são aqueles que ocorrem no ponto de contato entre o ser humano e algum aspecto do sistema. São visíveis, de fácil identificação e em geral envolvem alguém na linha de frente. Em contraste os erros latentes (ou condições latentes) são aqueles que dizem respeito a falhas não aparentes, não imediatas, mas que contribuem para a ocorrência do erro (REASON, 2002).

"Em todas as fases anteriores à decisão, os erros assumem as características de lapsos (não intencionais), porém, a partir do instante em que se toma uma decisão o erro pode assumir também as características de uma violação (intencional) que é um ato consciente" (NORMAN, 2006).

"Confiabilidade humana: contribuição proporcional das diferentes espécies de erro humano para a falha do sistema" (Iman, 1998).

Entretanto, autores mencionam aspectos importantes para avaliar sistemas *poka-yokes*, como a viabilidade econômica (HINCKLEY, 2007), a gestão visual (MCGEE, 2005; CONNOR, 2006; GROUT 2007), a estabilidade da produção (LIKER e MEIER, 2007; GROUT, 2007), a manutenção (CONNOR, 2006; HINCKLEY, 2007), os princípios de projeto e operação (SHINGO, 1988; MCGEE, 2005; CONNOR, 2006; HINCKLEY, 2007; GROUT, 2007) e controle de qualidade (SHINGO, 2000).

Conceitos de inspeção

O conceito de avaliação da qualidade segundo a norma brasileira NBR ISO 8402 /8/ compreende o "exame sistemático para determinar até que ponto uma entidade é capaz de atender os requisitos especificados". Esta mesma norma (NBR ISO 8402 /8/) define a "Inspeção" como sendo uma "atividade tal como medição, exame, ensaio, verificação com calibres ou padrões, de uma ou mais características de uma entidade, e a comparação dos resultados com requisitos especificados, a fim de determinar se a conformidade para cada uma dessas características é obtida".

A inspeção consiste da comparação do produto com os requisitos aplicáveis a esse produto (HIDRATA, 1993). Shingo (1988) ressalta que as inspeções podem ser classificadas de acordo com o seu objetivo, que pode ser descobrir defeitos, reduzir defeitos ou eliminar defeitos. As classes propostas por Shingo são:

a. inspeção por julgamento que tem a característica de descobrir defeitos, sendo aplicada aos produtos de forma a julgá-los defeituosos ou não-defeituosos, garantindo que o produto defeituoso não chegue a clientes internos ou externos.

b. inspeção informativa que tem como objetivo reduzir defeitos, na medida em que há *feedback* acerca dos defeitos identificados para o responsável pelo processo (GHINATO, 1996). Shingo (1988), afirma que "este método é superior à inspeção por julgamento, contudo é ineficaz para a obtenção do zero defeito, visto que a ênfase está na detecção de defeitos no produto, ao invés da detecção de erros no processamento". Shingo (1988) classifica esse método em três categorias:

- Controle Estatístico de Processo (CEP) o problema no chão de fábrica;
- Sistema de Inspeção Sucessiva
- Sistema de Auto-Inspeção (SAI), é considerado o sistema mais eficaz de inspeção informativa, visto que a inspeção é realizada pelo operador responsável pelo processamento, possibilitando ação corretiva instantânea. Além disso, outro fato que contribui é o de que as pessoas preferem descobrir os seus problemas, ao invés desses serem apontados por terceiros (SHINGO, 1996).

c. Inspeção na Fonte: como a mais eficiente, visto que seu objetivo é atuar preventivamente e eliminar defeitos. Denominada em processos de manufatura como "controle adaptável" (BLACK, 1998), compensa ou corrige a condição de erro para prevenir a fabricação de um item defeituoso.

Os dispositivos a prova de erro (*poka-yoke*) são destinados a impedir a ocorrência de defeitos na produção. Há duas maneiras nas quais o *poka-yoke* pode ser usado para corrigir erros: método de controle - quando o poka-yoke é ativado, a máquina ou a linha de processamento pára, de forma que o problema pode ser corrigido; método de advertência – quando o poka-yoke é ativado, um alarme soa, ou uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador (SHINGO, 1996).

Na conceituação de Paladini (1995), "a inspeção da qualidade é um processo que busca identificar se uma peça, amostra ou lote atende determinadas especificações da qualidade. Desta forma, a inspeção avalia o nível da qualidade de uma peça, comparando-a com um padrão estabelecido".

Segundo Pfeifer (1996), "as atividades relacionadas à inspeção da qualidade podem ser divididas em cinco grupos, que compreendem: planejamento, a

ordem/pedido de inspeção, execução. Processamento dos resultados e sistematização e armazenamento dos resultados".

Conceitos de poka-yokes

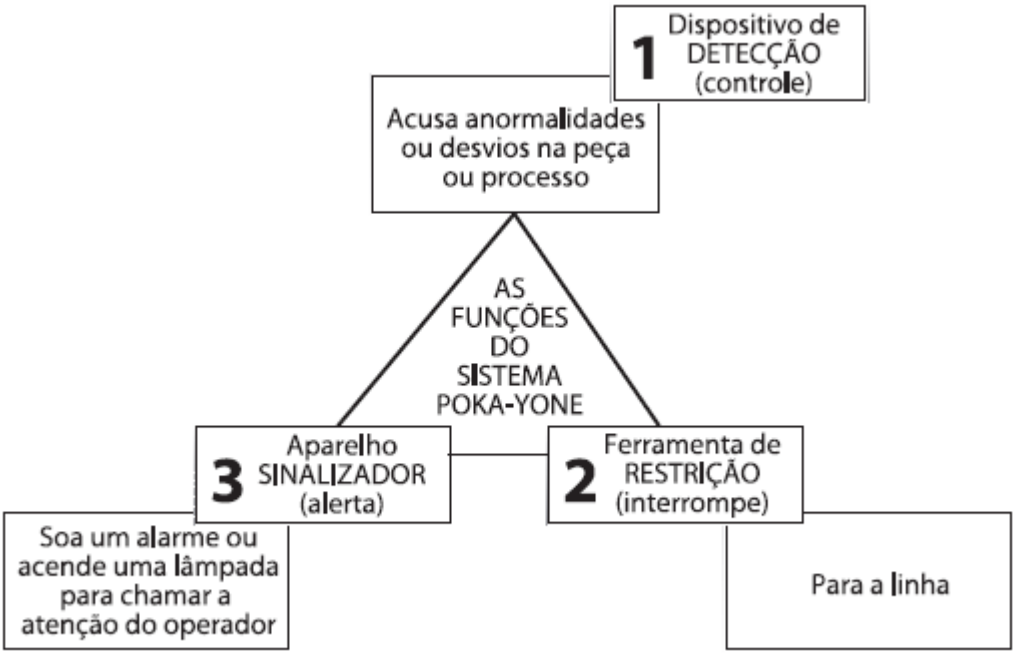
O conceito do poka-yoke foi concebido inicialmente por Shingo (1996), verificando que as características de controle em um determinado produto eram conduzidas, fundamentalmente, por meio de três técnicas baseadas em inspeção: inspeção por julgamento, inspeção informativa e inspeção na fonte.

"Originalmente tratado como *baka-yokes* (à prova de bobos) o sistema *poka-yoke* tinha por objetivo prevenir o erro humano no trabalho, visto como a principal causa dos defeitos" (SHIMBUN, 1988). "Com a evolução dos conceitos acerca dos sistemas poka-yokes divergências com relação ao conceito são verificadas. Há autores que entendem que os poka- yokes são limitados a dispositivos físicos que controlam defeitos" (BENDELL et al., 1995), outros tem uma visão abrangente e entendem os mesmos como sistemas de garantia de qualidade e redução de variabilidade (MCGEE, 2005).

"Logo, inspeção na fonte constitui um importante aspecto para que se elimine o defeito dos processos de manufatura, em busca do que se denomina de Controle de Zero Defeito" (Shingo, 1986).

Um dispositivo *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 (MOURA; BANZATO, 1996) como Função Reguladora ou Mecanismos de Detecção.

"Esquematização das funções dos dispositivos *poka-yoka*" (MOURA; BANZATO, 1996).



Autor	Conceito
Nikkan (1988)	Os poka-yokes são dispositivos com tês funções básicas: parar o processo, corrigir o processo e alertar o operador de falhas no processo.
Bendell et al (1995)	Os *paka-yokes* são dispositivos ou métodos que eliminam a ocorrência de defeitos. Esses dispositivos atuam par constatar o defeito quando ele ocorre, funcionando como um sistema de 100% de inspeção.
Moores (1996)	Os *poka-yokes* são dispositivos para eliminar a ocorrência de erros, que apesar de desenvolvidos em ambientes de manufatura, podem ser usados no contexto de prestação de serviços de saúde.
Ghinato (1996)	Os *poka-yokes* é um dispositivo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade.
Plonka (1997)	Os *poka-yokes* são dispositivos que possibilitam a detecção, eliminação e correção de erros. Eles reconhecem que o ser humano comete erros que resultam em defeitos e são caracterizados por 100% de inspeção.

Black (1998)	*Poka-yoke* é um método, mecanismo,ou dispositivo que irá prevenir a ocorrência de defeitos, ao invés de encotrar o defeito após ele ter ocorrido.
Santos e Powell (1999)	Os *poka-yokes* são mecanismos para prevenir defeitos, embora algumas empresas usem esse sistema para parada de linhas ou máquinas quando alguma anomalia ou defeitos já ocorreu, atuando, então, corretivamente.
Fischer (1999)	Os *poka-yokes* são dispositivos que previnem um erro ou um defeito, visando eliminar a causa de defeitos e tornar a inspeção desnecessária.
Middleton (2001)	Os *poka-yokes* são uma prática para erradicação de erros no processo de desenvolvimento de software, atuando sobre a causa raiz de erros.
Patel et al (2001a)	Os *poka-yokes* são dispositivo que podem ser usados como gabarits, calibres, luzes e capainhas elétricas para prevenir erros.
Patel et al (2001)	Os *poka-yokes* são dispositivos para prevenir erros causados por falta de conhecimento do operador e sua displicência em relação ao processo, lapsos de memória, ausência de instrução e padrões de trabalho; falhas de manutenção de equipamentos.
Stewart & Grout (2001)	*Poka-yokes* são dispositivos que realizam a detecção de defeitos.
Formosa et al (2002)	Os *poka-yokes* são dispositivos que exercem o mais alto nível de controle sobre o processo produtivo, sendo projetados para permitir que a coisa certa ocorra, prevenindo que qualquer um faça algo errado.
Lean Institute (2003)	Os *poka-yokes* são métodos que ajudam os operadores a evitar os erros em seu trabalho, tais como a escolha da peça errada, a montagem incorreta de uma peça e o esquecimento de um componente ou operação.

McGee (2005)	Os *poka-yokes* são dispositivos e sistemas que previnem defeitos ou evitam inspeções. Além disso, os *poka-yokes* devem ser usados para corrigir erros e falhas que desestabilizam o processo, incluindo a criação de riscos de acidentes.
Conti et al (2006)	*Poka-yokes* são técnicas usadas para eliminar julgamento e a displicência no desempenho das tarefas para produzir produtos com alta confiabilidade.
Connor (2006)	Os *poka-yokes* são sistemas que detectam o previnem a ocorrência de defeitos.
Hinckley (2007)	Os *poka-yokes* são sistemas que fazem o produto ou o processo ocorrer de forma óbvia, com um fluxo contínuo.
Grout (2007)	Os *poka-yokes* são dispositivos para prevenir erros ou para minimizar impactos negativos dos erros, aplicando-se a qualquer setor da indústria, serviços e vida diária.

Fonte: Vidor e Saurin (2010)

Vidor e Saurin (2010) cita que “63% dos estudos classificam os *poka-yokes* como dispositivos, 21% como procedimentos, métodos e técnicas, e 16% como sistemas. Neste estudo, a perspectiva adotada é de que os *poka-yokes* são sistemas e devem ser desenvolvidos segundo um método que considere todo o seu ciclo de vida, desde a decisão de usar ou não usar um *poka-yokes* até a sua descontinuidade de uso”. De acordo com Vidor (2010) “16% dos casos os autores visam aplicações nas áreas de saúde, tecnologia da informação, ou mesmo nas atividades domésticas, extrapolando a limitação de manufatura imposta pelos demais 84% de definições. Observa-se que 37% destes conceitos associam implicitamente o *poka-yoke* a função pró-ativa (prevenção do erro e do defeito), contudo nessas mesmas definições a função reativa também é ressaltada”.

Shingo (1996) classifica os dispositivos *poka-yoke* da seguinte forma: Método do Controle: Pára a linha ou a máquina de forma que a ação corretiva seja imediatamente implementada; Método da Advertência: Detecta a anormalidade e sinaliza a ocorrência através de sinais sonoros e/ou luminosos para atrair a atenção dos responsáveis; Método do Contato: Detecta a anormalidade na forma ou dimensão através de dispositivos que se mantêm em contato com o produto; Método

do Conjunto: Utilizado em operações executadas numa seqüência de movimentos ou passos pré-estabelecidos, garantindo que nenhum dos passos seja negligenciado; Método das Etapas: Evita que o operador realize, por engano, uma etapa que não faz parte da operação, executada através de movimentos padronizados.

Shahin e Ghasemaghaei (2010), baseando-se em sua experiência e nos diversos *poka- yokes* existentes classificaram os mesmos em três categorias: 1) relacionados ao layout: utiliza-se o espaço físico e o local para informar, direcionar ou limitar a participação do cliente. Exemplos: etiqueta de preço nos bens, (permitindo que os compradores não necessitem perguntar o preço); utilização de diferentes prateleiras para armazenar produtos com tamanhos diferentes em lojas de departamento ou diferentes livros em bibliotecas; uso de portas espessas evitando ruídos de clientes; 2) apoiados no auto-serviço. Possibilitam que os serviços sejam entregues ou obtidos no momento adequado ao cliente, o que evita a demora e atrasos. Exemplos: máquinas de *self-service* usadas para medir a pressão arterial e peso, alimentos e sucos / copiadoras / máquinas de lavar automáticas de processamento de moedas / cartões de crédito que possibilitam o acesso aos serviços no momento adequado para o cliente; 3) apoiados na Tecnologia. Utiliza a tecnologia para evitar falhas no processo de serviço conduzido pela empresa ou pelo cliente.

Equipes de trabalho

Shingo (1988), McGee (2005), Connor (2006), Hinckley (2007) e Grout (2007) relataram que o sistema *poka-yoke* necessita de equipe multifuncional de desenvolvimento, porque essas equipes possiblitam o desenvolvimento de sistemas mais robustos o que tange a flexibilidade e a segurança do operador que utiliza, consegue identificar causas principais e secundárias de problemas, possibilitando uma gama de soluções maior em termos de projeto e, posterior, operação.

É muito raro uma pessoa conhecer todas as etapas de um processo, além disso, os volumes impetrados pelas metas de produtividade quase que obrigam a formação de equipes de trabalho. Grupos reúnem pessoas, suas habilidades, conhecimentos, e compartilham responsabilidades. As equipes ou times de trabalho mostram vantagens quando lembramos que os esforços para a qualidade são árduos e requerem dispêndio maior de tempo, pois em grupo há possibilidade de

proporcionar ambiente altamente favorável à motivação e apoio mútuo. Ao invadir uma organização, o espírito de trabalho em equipe quebra barreiras (SCHOLTES, 1992).

Scholtes (1992) cita que alguns interesses ocultos se tornam problema e podem afastar os membros da equipe de suas tarefas óbvias. Para tanto, torna-se necessário que o grupo lance mão de certo tempo com atividades que desenvolvam a compreensão e o apoio mútuos. Questões relacionadas à identidade individual, relacionamento entre os membros e identidade com a organização são exemplos de pontos importantes que deverão ser levados em consideração. Quando a equipe atinge a maturidade, significa que passou por quatro estágios: formação, turbulência, normas e atuação. Ele sugere dez ingredientes para que uma equipe seja bem sucedida, que envolvem: Clareza na definição de suas metas; Plano de melhoria; Papéis claramente definidos (da equipe e de seus membros); Comunicação clara; Comportamentos salutares (principalmente em reuniões); Procedimentos de decisão bem definidos; Participação equilibrada dos membros da equipe; Regras básicas estabelecidas; Consciência do processo de trabalho em grupo; e uso de uma abordagem científica.

Métodos para elaboração de poka-yoke

Shingo (1988) cita três etapas para elaboração do *poka-yoke*: a) implanta o CEP para verificar onde os defeitos e problemas ocorrem; b) desenvolve os poka-yokes que visem controlar as causas mais freqüentes de defeitos e c) ocorre a implantação do *poka-yoke* e também a implantação de pontos de inspeção após o ponto de uso do *poka-yoke*, a fim de medir a eficácia.

McGee (2005) propôs cinco etapas: a) identificar o defeito e o impacto desse defeito sobre o cliente; b) identificar em que etapa do processo o defeito foi descoberto, para posterior em qual etapa ele foi criado; c) identificar a causa raiz qua originou o defeito. D) realizar um *brainstorming* com a equipe de trabalho para detectar formas de eliminar os desvios de processo; e) criar, testar, validar e implantar o dispositivo *poka-yoke*.

Para Connor (2006) “a implantação do poka-yoke está vinculada à implantação da filosofia kaizen”. Para Hinckley (2007) deve estar baseado no ciclo de solução de problemas PDCA, envolvendo 6 etapas: a) identificar o problema; b) analisar o problema; c) gerar soluções potencias; d) selevionar e planejar a

implantação das soluções; e) implementar as soluções; f) avaliar as soluções.
Grout (2007) propôs oito etapas: a) desenvolvimento do poka-yoke, usa-se o FMEA; b) realiza um *brainstorming*; c) desenvolver uma árvore detalhada de modos de falhas; d) identificar o modo de falha raiz que desencadeia os demais modos; e) identificar recursos que podem ser usados para controlar o modo de falha raiz; f) projeto de dispositivo a prova de erros; g) identificar outras alternativas de solução desenvolvida no quarto passo e h) implementar a solução final.

Por que implantar sistema *poka-yokes*.

"A implementação de *poka-yoke* é recomendada quando a instabilidade de algum processo ou operação é verificada, porque o *poka-yoke* deve ser entendido como um elemento de garantia de estabilidade" (GROUT, 2007).

Kamada (2007) entende que a estabilidade ocorre quando se consegue produzir de acordo com o planejado, com o menor desperdício possível, sem afetar a segurança e garantindo a qualidade. Além disso, a estabilidade da produção para Liker e Meier (2007) é atingida através da combinação de mão-de-obra, método, materiais e máquinas. Portanto, a garantia da estabilidade na produção passa pelo combate às perdas. Essa perspectiva permite concluir que mecanismos de controle de qualidade, como *poka-yokes* e operações de inspeção, contribuem à garantia da estabilidade, seja de forma reativa (detectar erros) ou pró- ativa (prevenir erros). Exemplos, como ausência de manutenção preventiva e falta de padronização, descritos por Liker e Meier (2007), fortalecem a vinculação existente entre a estabilidade na produção e os mecanismos de controle de qualidade.

Liker e Méier (2007) definem os 4M´s (método, material, mão-de-obra e máquina) como dimensões da estabilidade, identifica-se que o impacto na estabilidade de produção é uma categoria a compor os sistemas de avaliação de poka-yokes.

De acordo com Vidor e Saurin (2010) a idéia de que os sistemas *poka-yokes* contribuem para a melhoria da qualidade dos produtos seja relativamente bem conhecida na indústria e na academia dada a sua aplicabilidade, há poucos estudos que descrevam a real extensão pela qual os *poka-yokes* tem sido usados e o seu real impacto nos sistemas de manufatura. Em parte, tal problema se deve a fatores como os seguintes: (a) a falta de padronização do conceito de sistema *poka-yoke*; (b) a ausência de métodos de avaliação da eficiência e eficácia de uso dos *poka-yokes*; (c) a carência de métodos para controlar o retorno econômico financeiro; (d) a

utilização dos sistemas poka-yokes dissociados de perdas constadas em sistemas de manufatura; e (e) a ausência de boas práticas organizacionais, que possam ser testadas e validadas em termos científicos.

Erlandson et al. (1998) utilizaram *poka-yoke* pra criar oportunidades de emprego e melhorar a produtividade de indivíduos com deficiências cognitivas, neste estudo mostrou um aumento de 80% na produtividade e uma queda média de erro de 52%. Johnston e Jones (2004) apontam que a produtividade tem sido abordada como um conceito guarda-chuva incluindo utilização, eficiência, efetividade, qualidade, previsibilidade e outras dimensões de performance. Sendo assim, produtividade é a relação daquilo que é produzido por um processo operacional e o que é demandado para produzi-lo.

Considerando que o fator total de produtividade é a relação do produto total de todos os produtos e serviços e o total de recursos os quais podem ser desagregados, produtividade combina conceitos de efetividade e eficiência, onde efetividade é o grau com que resultados finais são alcançados para o padrão requerido.

Gianesi e Corrêa (1996) citam alguns exemplos como bandeja de instrumentos cirúrgicos com depressões que sinalizam a ausência dos instrumentos, onde o médico só fechará uma incisão quando todas as depressões estiverem preenchidas (tarefa); sinos à porta de lojas indicando a chegada de um cliente a ser atendido (tratamento) e tiras de papel envolvendo as toalhas limpas e vasos higienizados em hotéis, evitando que o funcionário saia dos quartos sem que o serviço tenha sido efetuado (tangíveis).

Xavier (1998) utilizou no *supply chain*, Santos e Powell (1999) construção civil, os pesquisadores realizaram seis estudos de caso no Brasil e na Inglaterra que incidiu sobre o processo de assentamento de tijolos, Pojasek (1999) prevenir vazamento ambiental, Guelbert (2002) fábrica de amortecedores.

Calarge e Davanso (2004) conduzido um estudo de caso sobre a aplicação de dispositivos *poka-yoke* em uma empresa do ramo automobilístico, sendo um dos grandes fornecedores de várias montadoras de automóveis no Brasil e América Latina e tendo uma presença marcante no mercado de produtos de reposição nos países onde atua. Entre seus principais produtos em linha encontram-se: sistemas de controle de armazenamento e conservação de energia (SCACE); sistemas de

controle de fluxo de ar e combustível para o motor (SCACM); sistemas de controle de emissão de gases de escape (SCEGE); sistemas de ignição (SIG); solenóides e sensores de monitoramento aos sistemas citados (SSM). Hoje em dia, a empresa possui 25 dispositivos poka-yoke implantados, distribuídos da seguinte forma: oito mecanismos implantados na linha SCACE; seis mecanismos na linha SIG; seis na linha SSM; três na linha SCEGE e dois na linha SCACM. Desses 25 dispositivos Poka Yoke instalados, tem-se como principais características: 23 têm como função o controle e os dois mecanismos restantes servem para o alerta de anormalidades e a possibilidade de inspecionar e de prevenir anormalidades está presente em 15 mecanismos *poka-yoke*, enquanto os outros dez mecanismos podem apenas detectar anormalidades.

Tsou e Chen (2004) revelaram em seu estudo de caso que *poka-yoke* é um mecanismo de baixo custo que gera retorno satisfatório, Simões et al. (2005) estudaram uma máquina de triagem para entrega de encomendas onde houve um aumento da receita auferida de 1994 para 2003 de 451%. Tais resultados jamais teriam sido alcançados se aliado à mecanização, não houvesse uma rígida preocupação com a implantação de sistemas detectores de falhas *poka- yoke*, sendo estes o principal responsável por uma operação que apresentou em 2003 índice de 99,80% para entregas de encomenda no prazo estipulado e de 0,0% na falha de roteamento.

Badiger et al. (2008) melhoraram desempenho de equipamento, Yoshino (2008) segmento calçadista, REICHERT et al. (2009) e Robinson (2011) aplicaram em software, Viodel e Mihaela (2009) implantaram *poka-yoke* no centro de cirurgia. Al-Araidah et al. (2010) Utilizaram os conceitos do *poka-yoke* na prevenção, alerta e controle da qualidade do ar em ambientes ventilados naturalmente. Santos et al. (2011) realizaram estudo no qual as propriedades morfológicas de produtos a base de madeira foram analisadas como elemento no projeto de mecanismos à prova de erros, conhecidos como *poka-yokes*, para mobiliário do tipo faça-você-mesmo. O estudo avalia a madeira e suas texturas inerentes ou aplicadas, através do emprego de superfícies bi ou tridimensionais e a eficácia de tais soluções na indução dos procedimentos de montagem/desmontagem de mobiliário, Correia et al. (2011) incluíram no PDCA o *poka-yoke*, Sissonem, (2011) customização, Treurnicht et al. (2011) abordaram a fabricação de produtos eletrônicos, montagem de cabo ou seja, a fita, foi adaptado para a execução por portadores de deficiências intelectuais. Para

tornar o trabalho acessível a eles, o erro humano era controlada por uma abordagem *poka-yoke*. Conclui-se que os indivíduos com deficiência intelectual podem ser habilitados para realizar a tarefa dentro da variação normal, em comparação com um tempo mínimo de tarefas, usando a abordagem de *poka-yoke*.

3. Conclusão

A ferramenta *poka-yoke* não tem limitação de uso quanto ao segmento comercial ou industrial, podendo ser implantado desde a padaria e hospital. Oferece aos colaboradores o entendimento do erro e a eliminação do sentimento de culpa. Há diversas ferramentas para a prevenção de erros, o *poka-yoke* se destaca pela sua simplicidade. Um bom *poka-yoke* deve ser de fácil entendimento, pois não há um modelo pronto, o que funciona em um determinado local, pode não funcionar no outro.

4. Referências

AL-ARAIDAH, O.; JARADAT, M.A.K.; BATAYNEH, W. Using a fuzzy Poka-Yoke based controller to restrain emissions in naturally ventilated environments. **Expert Systems with Applications**. v.37, n.7, p. 4787-4795. 2010.

BADIGER, A.S.; GANDHINATHAN, R.; GAITONDE, V. N. A methodology to enhance equipment performance using the OEE measure. **European Journal of Industrial Engineering**, v.2, n.3, 2008.

BEKKER, Sidney W.A. The Re-Invention of Human Error. **Tech Report of London University**: London, 2002.

BENDELL, T., PENSON, R., CARR, S. The quality gurus – their approaches described and considered. **Managing Service Quality**, v.5, n.6, p.44-48, 1995.

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Tradução: Gustavo Kannenberg e Flávio Pizzato. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998. Título original: The design of the factory with a future.

CALARGE, A.F.; DAVANSO, J.C. Conceitos de dispositivos à prova de erros utilizado na meta do zero defeito em processos de manufatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v.11, n.21, p.7-18, 2004.

CARDOSO, R.L. *et al*. Pesquisa científica em Contabilidade entre 1990 e 2003. **Revista de Administração de Empresas**, v.45, n.2, p.34-45, jun. 2005.

CONNOR, G. Poka-yoke: Human-Proof your Process. **Journal of Industrial Maintenance e Plant Operations**, p.12-14, jun. 2006.

CONTI, R., ANGELIS, J., COOPER, C., FARAGJER, B., GILL, C. The effects of lean production on work job stress. **International Journal of Operations and Production Management**, v.26, n.9, p.1013-1038, 2006.

CORREIA, L.C.; RIBAS,W. J.; GHINATO, P. Uma proposta para disseminação dos dispositivos poka-yoke através dos CCQs. Disponível em: http://pessoal.utfpr.edu.br/wolff/arquivos/S13QDissiminacaoPokaYoke.pdf. Acessado em 25 julho de 2011.

ERLANDSON, R.F.; NOBLETT, M.J.; PHELPS, J.A.; Impact of a poka-yoke device on job performance of individuals with cognitive impairments. **Rehabilition Engineering**, v.6, n.3, 1998.

FISHER, M. Process improvement by poka-yoke. **Work Study MCB University Press**, v. 48, n. 7, p. 264-266, 1999.

FORMOSO, C. T., SANTOS, A., POWELL, J. A. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. **Journal of Construction Research**, v.3, n.1, p.35-54, 2002.

GHINATO, P. Quality control methods: toward modern approaches through well estabilished principles. **Total Quality Management Journal**, v.9, n.6, 1998.

GIANESI, I.; CORRÊA, H. **Administração Estratégica de Serviços: operações para a satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1996.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GROUT, J. Mistake-proofing the Design of the Health Care Processes. Rockville, AHRQ, 2007.

GUELBERT, M. Estudo de caso em uma fábrica de amortecedores na busca da eliminação do defeito. **Ciências Exatas e da Terra**, v.e, n.1, p.79-89, 2002.

HINCKLEY, C. M. Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry.General Paper, **Springer-Verlag**, v.12 p.223-230, março, 2007.

IMAN. **Poka Yoke – métodos à prova de falhas.** São Paulo: Instituto IMAN,

1998. INSTITUTO LEAN. **Glossário para Praticante do pensamento lean.**

Lean Institute Brasil, São Paulo, 2003. Apostila.

KAMADA, S. **Estabilidade de produção da toyota do Brasil.São Paulo: Lean Institute Brasil**, 2007. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_44 Acesso em: 13 jul. 2011.

JOHNSTON, R.; JONES, P. Service productivity: Towards understanding the relationship between operational and customer productivity, **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 53, No. 3, p. 201-213, 2004.

JURAN, J.M.; FRANG, M.G. **Controle de Qualidade-Handbook: ciclo dos produtos, inspeção e teste**. São Paulo: Makron Books do Brasil Ltda., 1992.

LIKER, K.J., MEIER, D.O **Modelo Toyota de Produção: Manual de aplicação**. Tradução: Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2007. 432p. Título original: The Toyota Way Fieldbook.

MCGEE, D. Lean and Six Sigma: A Holistic Approach to Process Improvement. In.: ASQ- AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONGRESS, PROCEEDINGS… Denver, USA,
nov. 2005.

MELTON, H.; TEMPERO, E. JooJ: Real-time Support for Avoiding Cyclic Dependencies. Thirtieth Australasian Computer Science Conference, Ballarat, Australia. **Conferences in Research and Practice in Information Technology**, v. 62. 2007.

MIDDLETON, P. Lean software development: two case studies. **Software Quality Journal**, v.9, p. 241-252, 2001.

MONACO, F.F.; MELLO, A.F.M.A Gestão da Qualidade Total e a reestruturação industrial e produtiva: um breve resgate histórico. **Race, Unoesc**, v.6, n.1, p.7-16, 2007.

MORAES, B. A glossary of terms encountered in quality and customer service**. International Journal of Health Quality Assurance**, v.9, n.5, p.24-36, 1996.

NIKKAN. K.S. Poka-yoke: Improving product quality by preventing defects. **Porland: Productiviy Press**, 1988.

NORMAN, Donald A. **O Design do Dia à Dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

Paladini, E.P.: **Gestão da Qualidade no Processo – A Qualidade na Produção de Bens e Serviços**. Editora Atlas S.A., São Paulo, 1995.

Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. **Carl Hanser Verlag**, München, 1996.

PATEL, S., DALE, B. G., SHAW. Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing. **The TQM Magazine**, v. 13, n.3, p. 175- 178, 2001.

PATEL, S., DALE, B. G., SHAW. Set-up time reduction and mistake proofing methods: study of application in small company. **Journal of Business Process Management**, v.7, n.1, p.65-75, 2001.

PLONKA, F. E. Developing a lean and agile work force. **Journal of Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v.7, n.1, p.11-27, 1997.

POJASEK, R.B. Quality toolbox: Poka-yoke and zero waste. **Environmental Quality Management**. v.9, n.2, p.91-97, 1999.

REICHERT, M.; DADAM, P.; RINDERLE-MA, S.; LANZ, A.; PRYSS, R.; PREDESCHLY,

M. KOLB, J.; LY, L. T.; JURISCH, M.; KREHER, U.; GOESER, K.; (2009) Enabling Poka- Yoke Workflows with the AristaFlow BPM Suite. In: Proc. BPM'09 DEMONSTRATION TRACK, September 2009, Ulm, Germany. Disponível em: http://dbis.eprints.uni-ulm.de/616/. Acessado em: 15 de julho de 2011.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999. ROBINSON, H. **Using poka-yoke techniques for early defect detection**. Sixth International Conference on Software Testing Analysis Review. Disponível em: www.harryrobinson.net/pokasoft.pdf. Acessado em 30 de junho de 2011.

SANTOS, A.; LEPRE, P.R.; DOGNINI, E. P. **Utilização do tato em mecanismos poka-yoke de produtos a base de madeira**. Disponível em: http://www.design.ufpr.br/Pesquisa/Publicacoes/Artigos/arquivos/Santos%20-%20Lepre%20-%20Dognini%20-%20Workshop%20 Design%20e% 20Materiais%20%2020.pdf. Acessado em: 20 de junho de 2011.

SANTOS, A., POWELL, J. **Potencial of poka-yoke devices to reduce variability in construction**. Berkeley, University of California, p.51-62, 1999.

SCHOLTES, P. R. **Times da qualidade: como usar equipes para melhorar a qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

SHAHIN, A.; GHASEMAGHAEI, M. Service Poka Yoke, **International Journal of Marketing Studies**, v. 2, No. 2; November 2010

SHIMBUN, N.K. **Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects**. Portland, MA: Productivity Press, 1988. Título Original: Pokayoke dai zukan.

SHINGO, Shigeo. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1996.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Tradução de Eduardo Schaan e Cristina Schumacher**. Porto Alegre: Artemed® Editora S.A., 2000, 327p. Título original: A revolution in manufacturing: the SMED system.

SHINGO, S. The Shingo Production Management System: improving process functions system. Cambridge: Productivity Press:,1992.

SILVA, A. C. R. et al. Uma comparação entre os períodos Revista Contabilidade & Finanças . USP: 1989/2001 e 2001/2004. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 16, n. 39, p. 20-32, set./dez., 2005.

SISSONEN, J. **Poka-yoke for mass customization**. Disponível em: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38737/nbnfi-fe200806061524.pdf?sequence=4. Acessado em: 10 de junho de 2011.

SIMÕES, M.Q.M.; MARTINS, H.S.; BARROS FILHO, J.P.; SILVA, D.E.P.; MEDEIROS,

D.D. Proposta para desenvolvimento de dispositivos de prevenção contra falhas em serviços. In: XXV ENCONTRO NAC. DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Porto Alegre, RS, 2005. TREURNICHT, N. F.; BLANCKENBERG, M. M. ; VAN NIEKERK, H. G. ; Using Poka- yoke methods to improve employment potential of intellectually disabled workers. **South African Journal of Industrial Engineering**. v.22, n. 1, p. 213-224, 2011.

TSOU, J. C,; CHEN, J. M. Dynamic model for a defective production system with Poka- Yoke. **Journal of the Operational Research Society**. v.56, p.799-803, 2004.

VIDOR, G.; SAURIN, T. A. Método para a avaliação de sistemas de gestão de poka-yokes: estudo de caso em um sistema de manufatura. **Revista Gestão Industrial**, v.6, n.2, 2010.

VIOREL, B.; MIHAELA, C.A. **Lean hospital - conceptualization and instrumentation**. Disponível em: http://steconomice.uoradea.ro/anale/volume/2009/v4-management-and-marketing/08. pdf. Acessado em: 10 de julho de 2011.

XAVIER, G.G. JIT and supply chain management: an information processing perspective.

Produção. v.8, n.1, pp. 45-61, 1998.

YOSHINO, R.T. **Proposta de um sistema de produção enxuta para o segmento calçadista**. 2008. 315f (Tese), (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia, São Carlos.