

CONCEITOS E PRÁTICAS DA AUTONOMAÇÃO EM UMA EMPRESA ELETRÔNICA BRASILEIRA: UM ESTUDO DE CASO

Macáliston Gonçalves da Silva (UNISINOS)

macaliston@ig.com.br

André Ramos dos Santos (UNISINOS)

andre13ramos@gmail.com



Este artigo pretende explicitar os conceitos e práticas da autonomia adotados em um sistema produtivo brasileiro. A pesquisa é baseada em um caso real de uma empresa nacional fabricante de equipamentos eletrônicos para telecomunicações. O trabalho inicialmente aborda os conceitos da autonomia, através de uma revisão da literatura sobre o tema. A seguir a formatação dos dados relacionados às práticas encontradas na empresa estudada e a discussão dos resultados registrados com estas iniciativas. A oportunidade de relato da combinação dos conceitos e práticas da autonomia no ambiente produtivo brasileiro contribui para a ampliação do entendimento de uma forma de tratar e alavancar vantagem competitiva através da gestão da manufatura.

Palavras-chaves: Autonomia; Jidoka; Sistema Toyota de Produção (STP); Surface Mount Technology (SMT)

1. Introdução

Produzir uma grande variedade de produtos, em baixos volumes de produção, sendo estes de alto valor agregado e com um curto ciclo de vida, é a realidade para muitas empresas no mercado. Parte da indústria eletrônica é um exemplo neste contexto.

Adotar estratégias que combinem as dimensões qualidade, confiabilidade, flexibilidade, velocidade e custo são alvos dos gestores para alavancarem vantagens competitivas perante a concorrência (SLACK, 1993). Segundo Paiva *et al.* (2004), adotar simultaneamente vários critérios competitivos é possível, porém, deve-se observar suas limitações. A melhor estratégia reside no valor ou peso atribuído para cada um dos critérios.

Dentro das estratégias de manufatura, podem-se citar as seguintes áreas de decisão (PAIVA *et al.* (2004):

- a) Capacidade;
- b) Instalação;
- c) Equipamentos e processos tecnológicos;
- d) Recursos humanos;
- e) Qualidade;
- f) Integração vertical e relação com fornecedores;
- g) Sistemas gerenciais;
- h) Escopo e novos produtos;
- i) Relação interfuncional.

Quanto mais alinhado estiverem os objetivos da empresa com as capacitações da manufatura, maior será o potencial de sucesso de desempenho do negócio. Assim como, quanto mais alinhado os objetivos da manufatura com as escolhas de projeto (áreas de decisão), maior será o potencial de sucesso de desempenho da manufatura (DEVARAJ *et al.* 2004).

Desde a década de 70 o modelo japonês vem servindo de referência para os sistemas produtivos, entre eles o Sistema Toyota de Produção (STP). A superioridade das técnicas japonesas colocou em cheque o modo de pensar a organização da produção e do trabalho até então vigentes (ZILBOVICIUS, 1999). Cabe salientar a importância da verificação das circunstâncias e características das empresas para o sucesso de suas implementações referentes ao estilo japonês (COONEY, 2002). No caso do STP, eliminar perdas é a palavra de ordem e a sustentação do sistema está na forma de seus dois pilares: o *just-in-time* (JIT) e a autonomia (*jidoka*) (MONDEN, 1984; OHNO, 1997).

Segundo Antunes *et al.* (2008) e Passos Júnior (2004), na literatura do mundo ocidental o JIT é amplamente abordado, já a autonomia não acompanha o mesmo ritmo, tanto para tratamentos teóricos como para os práticos. Assim, discussões sobre o tema autonomia parecem pertinentes de serem explorados.

Este artigo se propõe a tratar a seguinte questão: como estão sendo aplicados os conceitos da autonomia nos processos produtivos brasileiros? Sendo os objetivos específicos desta pesquisa: revisar os conceitos sobre autonomia na literatura e reportar a utilização prática referenciando seu potencial estratégico para as empresas. O trabalho está estruturado na forma de um estudo de caso, realizado em um fabricante nacional de equipamentos eletrônicos de alta tecnologia.

2. Revisão teórica

2.1. Automação (*jidoka*): origem e conceitos

Em 1926, Sakichi Toyoda lança um tear capaz de parar automaticamente quando um dos fios se rompesse ou quando a quantidade programada de tecido fosse atingida. Desta forma, tornou possível a supervisão simultânea de várias máquinas. Buscando o aumento de produtividade a partir da diminuição do número de trabalhadores na fabricação, este conceito foi transferido para a Toyota dando origem ao que conhecemos como automação ou *jidoka* (GHINATO, 1996; OHNO, 1997). O fato rompeu com a lógica de um homem / um posto / uma tarefa proposto por Taylor. Taiichi Ohno explorou e formalizou as mudanças na Toyota a partir de 1947. A redução da dependência da máquina em relação ao homem é o princípio fundamental deste processo (GHINATO, 1996; ANTUNES *et al.*, 2008; PASSOS JÚNIOR, 2004).

Cabe salientar que a palavra *jidoka* significa apenas automação, sendo *ninben no aru jidoka* a expressão que dá o verdadeiro significado do conceito, porém, a simplificação de uso do termo para *jidoka* é frequentemente usada (MONDEN, 1984). Conforme Monden (1984), automação é “automação com a mente humana” ou, segundo Ohno (1997) e Shingo (1996), “automação com um toque humano”. Enfim, máquinas dotadas de inteligência humana (OHNO, 1997).

Na Toyota o conceito de automação não está restrito às máquinas, também é aplicado nas linhas manuais de montagem. Quando identificado anormalidades ao longo da linha, qualquer operador pode parar a produção, desencadeando processos de identificação e eliminação dos problemas. As paradas, tanto para a linha quanto para máquinas, são sinalizadas através de um sistema de informação visual chamado de *andon*. *Andon* significa sinal de luz para pedir ajuda, consiste em um painel luminoso colorido (às vezes acompanhado de sinal sonoro) que indica as condições da linha e aponta o local de solicitação de assistência para todos enxergarem (LIKER, 2005; MONDEN, 1984; OHNO, 1997; SHINGO, 1996).

A automação tem como propósitos originais prevenir a geração e propagação de defeitos na produção, tanto para máquinas como em operações manuais, e parar a produção quando atingida a quantidade programada. É um mecanismo de controle de anomalias do processo e permite a investigação imediata das causas (MONDEN, 1984; GHINATO, 1996; OHNO, 1997).

O conceito de automação está mais vinculado com autonomia do que com automação. Concede ao operador ou a máquina a autonomia de bloquear o processo sempre que detectar qualquer anormalidade (GHINATO, 1996). A participação da força de trabalho é essencial para a ampliação das oportunidades e manutenção da aplicação da automação (GHINATO, 1996; MONDEN, 1984; OHNO, 1997). Um processo de “transferência progressiva e contínua do trabalho manual e cerebral para a máquina” (ANTUNES *et al.*, 2008).

Efeitos importantes com a automação são (MONDEN, 1984):

- A redução de custo através da redução da força de trabalho;
- Flexibilidade na produção para alterações na demanda;
- Qualidade assegurada;
- Aumento do respeito à condição humana.

2.2. Automação e a eliminação de perdas

Conforme Ghinato (1996) e Shingo (1996) para um sistema ser considerado plenamente automatizado ele deve ser capaz de detectar qualquer anormalidade, poder decidir sobre a forma de correção e aplicá-la. Assim, em manufatura, este sistema deve ser capaz de atender as seguintes funções:

- Executar a transformação desejada dos *inputs* em *outputs*;
- Manter o processamento em velocidade desejada;
- Alimentar o processamento com matéria-prima e remover o produto após conclusão do processamento;
- Detectar anormalidades e parar caso sejam encontradas;
- Corrigir as anormalidades e retomar o processamento.

Quando o trabalho manual, ou seja, executado pelo homem, é transferido para o trabalho mecânico, ou seja, executado pela máquina, tem-se um processo mecanizado. Os estágios propostos por Shingo (1996) para se atingir a automação plena ou a separação do homem da máquina estão demonstrados no Quadro 1. Com isso, percebe-se que a automação ou pré-automatização é um estágio anterior à automação plena (real), pois a etapa de decisão sobre a correção mais adequada e sua aplicação é de responsabilidade do operador (GHINATO, 1996; SHINGO, 1996).

Estágio \ Tipo		Operações manuais				Operações mentais			
		Operações principais				Folgas marginais			
		Operações essenciais		Operações auxiliares		(Método comum)		(Método Toyota)	
		Corte	Alimentação	Instalação/ Remoção	Operação de interruptor	Deteção de Anormalidade	Disposição de Anormalidade	Deteção de Anormalidade	Disposição de Anormalidade
1	Operação Manual	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador
2	Alimentação manual, corte automático	Máquina	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador
3	Alimentação automática, corte automático	Máquina		Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Trabalhador	Máquina que para automaticamente (trab. supervisiona mais de uma máquina)	Trabalhador
4	Semi-automatização	Máquina		Máquina	Máquina	Trabalhador	Trabalhador	Máquina (trab. supervisiona mais de uma máquina)	Trabalhador
5	Pré-automatização (automatização com toque humano)	Máquina		Máquina	Máquina	Máquina	Trabalhador	Máquina automatização com toque humano)	Trabalhador
6	Automação real	Máquina		Máquina		Máquina	Máquina	Máquina	Máquina

Quadro 1 – Separação de homem e máquina. Fonte: Shingo (1996)

A máquina automatizada com um toque humano permite liberdade aos operadores para trabalharem simultaneamente com diversas máquinas (multifuncionalidade), reduzindo a demanda de operadores na produção e aumentando a eficiência do sistema produtivo (OHNO, 1997).

O conceito de automação e a multifuncionalidade estão intimamente relacionados e diretamente envolvidos com a eficiência e flexibilidade da força de trabalho. Impactam

positivamente na redução de custo de fabricação. Porém, é da flexibilização (multifuncionalidade) que resulta a redução de mão-de-obra (GHINATO, 1996).

Duas modalidades de multifuncionalidade podem ser trabalhadas, o sistema de operação de múltiplas máquinas e o sistema de operação de múltiplos processos. Onde neste último, o operador trabalha em diversas máquinas de acordo com o fluxo de fabricação. O uso de operações múltiplos processos devem ser preferidos em função dos maiores benefícios conquistados, como a melhora do fluxo dos processos e a elevação da produtividade do trabalhador (GHINATO, 1996; SHINGO, 1996). Conforme Antunes *et al.* (2008), não existe multifuncionalidade sem a aplicação da autonomia.

A autonomia no STP está associada diretamente a eliminação da superprodução e a eliminação de produtos defeituosos, dois desperdícios significativos na manufatura. A superprodução quantitativa é eliminada a partir dos controles de quantidades planejadas que evita o excesso de produção, já a eliminação de produtos defeituosos na autonomia é combatida com a interrupção do processamento em casos de anormalidades detectadas. Assim, colaborando com o desafio de eliminação total de perdas no processo produtivo (OHNO, 1997). Conforme Ghinato (1996), também, pode-se citar a eliminação secundária da perda por estoque e perda por espera com a aplicação da autonomia. A eliminação da perda por estoque está relacionada com a eliminação da perda por superprodução quantitativa citada acima e a perda por espera é tratada através da função controle incorporada ao processamento, liberando o operador para trabalhos efetivos ao longo da produção, ou seja, valorizando a eficiência da mão-de-obra.

A autonomia, também, apresenta a vantagem de poder evitar a participação direta dos trabalhadores em operações de risco à integridade física dos mesmos. Porém, com a multifuncionalidade a intensificação do trabalho pode conduzir a um ambiente altamente nocivo (GHINATO, 1996). Segundo a lógica 5MQS (*Management, Method, Material, Man, Machine, Quality e Safety*), perdas relacionadas à segurança (*safety*) estão diretamente associadas a acidentes de trabalho e afastamento do trabalhador. Separar, ao máximo, fisicamente o homem da máquina é uma das possibilidades da autonomia, na medida em que isso for implementado, tende a diminuir a possibilidade de ocorrência de acidentes de trabalho durante a operação. A utilização de *poka-yoke* (dispositivo à prova de falhas) deve ser considerada, também, para garantir a segurança industrial em diversas situações, sempre trabalhando com a noção de acidente zero. As perdas relacionadas à segurança tendem a afetar a produtividade, custos com os atendimentos dos acidentados e a moral dos trabalhadores, e são consideradas perdas sociais (ANTUNES *et al.*, 2008; PASSOS JÚNIOR, 2004).

Mecanismos de detecção de problemas e interrupção do processamento podem ser aplicados, conforme conceitos da autonomia, para a eliminação das quebras de máquinas, também. A Manutenção Produtiva Total - MPT (*Total Productive Maintenance - TPM*) é elemento central para o alcance e sustentação da quebra zero, maximizando a efetividade dos equipamentos no sistema produtivo (ANTUNES *et al.*, 2008; GHINATO, 1996; SHINGO, 1996).

Sistemas autônomos podem contribuir, também, para a redução de desperdícios energéticos, desvinculando a atuação das pessoas em funções como, por exemplo, ligar e desligar a alimentação de equipamentos quando estão inoperantes ou a construção de ambientes automatizados que colaboram com os objetivos propostos (PASSOS JÚNIOR, 2004).

2.3. Automação e o Controle da Qualidade Zero Defeitos (CQZD)

Conforme Shingo (1986), os quatro pontos de sustentação do CQZD são:

- Utilização da inspeção na fonte, assim, tendo a função controle aplicada na origem dos defeitos (causa) e não sobre os resultados (efeito);
- Utilização de inspeção 100%;
- Redução da diferença entre o tempo de detecção de uma anormalidade e o tempo de aplicação da ação corretiva;
- Reconhecimento do potencial de falha dos trabalhadores, contendo a aplicação de dispositivos à prova de falhas (*poka-yoke*) para atender a função de controle junto com a função de execução.

Garantir a capacidade de produzir sistematicamente produtos sem defeitos é o objetivo do CQZD (GHINATO, 1996). Conforme Shingo (1996), “para total eliminação dos defeitos, deve-se adotar a inspeção 100% [...] inspeção por amostragem não é suficiente”. Ainda segundo Ghinato (1996), o CQZD com a aplicação de *poka-yoke* em regime de inspeção 100% é parte essencial na operacionalização da automação (função controle).

A Figura 1, proposta por Shingo (1986), demonstra o mecanismo da função controle (inspeção na fonte) ocorrendo em um ciclo curto, conforme citado acima, concentrando-se sobre a causa dos defeitos.

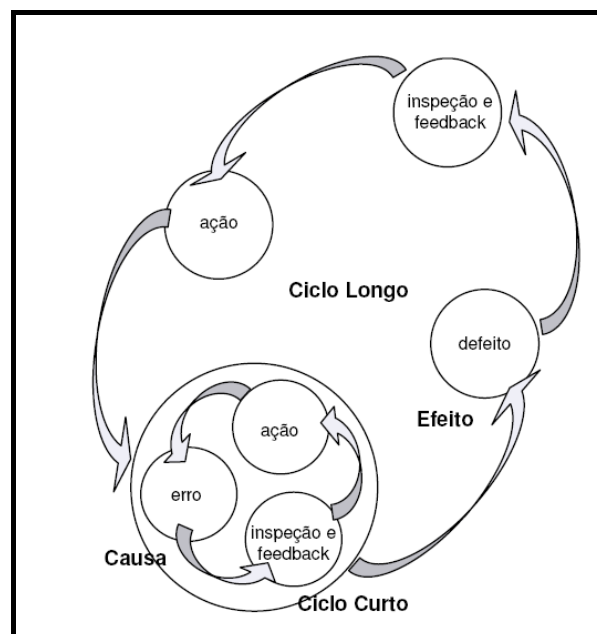


Figura 1 – Mecanismo da função controle (inspeção na fonte). Fonte: Shingo (1986)

Ghinato (1996) cita que “quando se diz que o CQZD idealizado por Shingo dá ênfase a questão operacional, não implica que os aspectos motivacionais sejam negligenciados”.

O procedimento chave para a eliminação dos defeitos nos produtos concentra-se na imediata pesquisa de levantamento e correção das causas quando da paralisação de uma máquina ou da linha (WOMACK *et al.*, 1992; MONDEN, 1984). Conforme Ohno (1997), parar “para desenvolver uma linha que seja forte e raramente necessite ser parada [...] não há razão alguma para se temer uma parada na linha [...] uma linha de produção que não pára pode ser tanto uma linha perfeita como também uma linha com muitos problemas”.

Dentro do contexto do STP, a combinação entre o CQZD e a automação garante a qualidade do produto ao longo do processo produtivo e efetiva a qualidade assegurada (GHINATO, 1996; ANTUNES *et al.*, 2008).

2.4. Os circuitos da automação

Com a separação entre o homem e a máquina, mais os seus fenômenos associados, torna-se possível uma análise crítica dos chamados circuitos da automação, os quais se podem citar (PASSOS JÚNIOR, 2004):

- Circuito 1 – envolve a análise específica da máquina, com a mensuração através do conceito de Índice de Eficiência Operacional Global dos Equipamentos (IROG), conceito relacionado à Manutenção Produtiva Total - MPT (*Total Productive Maintenance - TPM*);
- Circuito 2 – refere-se à medição do Índice de Multifuncionalidade do sistema considerado e da eficiência específica de utilização da mão-de-obra;
- Circuito 3 – relacionado com a redução/eliminação dos defeitos e retrabalhos do sistema produtivo através da implantação de *poka-yoke*;
- Circuito 4 – envolve a questão da segurança industrial (exemplo: sistemas de desligamento automático de máquinas através de sensores de presença, travamento de portas, chaves de fim de curso, sensores de peso...);
- Circuito 5 – relacionado com a redução dos desperdícios energéticos (exemplo: portas automáticas, comando de luzes...).

A Figura 2 representa, de forma esquemática, os cinco circuitos da automação.

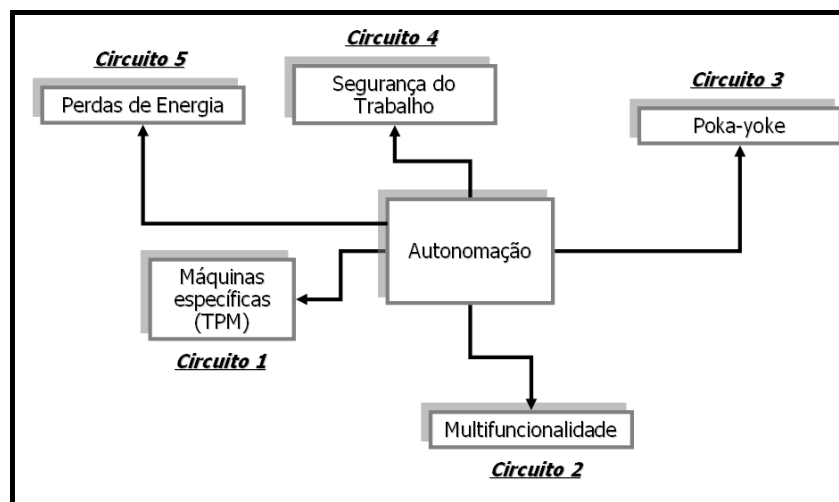


Figura 2 – Os circuitos da automação. Fonte: Passos Júnior (2004)

Conforme Passos Júnior (2004), os circuitos da automação se relacionam com os resultados da empresa da seguinte forma:

- Circuito 1 – melhoria da (s) eficiência (s) da (s) máquina (s) crítica (s) nos recursos gargalos para gerar ganho e nos não gargalos visando à redução das despesas operacionais;
- Circuito 2 – aumento do grau de multifuncionalidade dos espaços produtivos visando à redução das despesas operacionais;
- Circuito 3 – redução dos defeitos e retrabalhos, tanto nas operações gargalos que retornam em ganho, como em outras etapas do processo produtivo, que reduzem as despesas operacionais;

- Circuito 4 – ações associadas à segurança industrial afetam positivamente os ganhos gerados nos circuitos 1 e 3. Também, reduzem as despesas operacionais relacionadas com custos de acidentes e afastamento de trabalhadores;
- Circuito 5 – redução das despesas operacionais associadas à redução dos custos energéticos em toda a empresa.

3. Metodologia

Com o objetivo de analisar e reportar a automação dentro de um contexto de vida real foi estruturado e aplicado um estudo de caso. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que examina fenômenos contemporâneos com profundidade.

A metodologia de pesquisa proposta para o trabalho é formada por uma revisão bibliográfica sobre o tema, que serve como sustentação para o estudo. Também, entrevistas semi-estruturadas e observações de campo com os envolvidos diretos no processo, análise de documentos e manuais internos da empresa para aquisição dos dados e explicitação do caso. Análise crítica dos apontamentos e observações, comparados com a teoria pesquisada, e formalização dos resultados encontrados ao longo do trabalho, o que originou este artigo.

O estudo é focado em uma empresa brasileira fabricante de equipamentos eletrônicos. Atualmente, líder do mercado brasileiro em sua modalidade e desenvolve produtos de alta tecnologia com engenharia nacional. A empresa busca valorizar a qualidade, flexibilidade, desempenho de entrega, inovação e, até mesmo, custo. Está inserida em um mercado altamente competitivo, concorrendo com *players* nacionais e internacionais.

Neste contexto, a pesquisa trata a seguinte questão: como estão sendo aplicados os conceitos da automação nos processos produtivos brasileiros? Sendo os objetivos específicos: revisar os conceitos sobre automação na literatura e reportar a utilização prática da automação dentro da realidade de uma empresa brasileira referenciando seu potencial estratégico.

4. Descrição do caso a ser abordado

O desenvolvimento do estudo foi realizado na linha de produção SMT (*Surface Mount Technology*) da empresa. Uma etapa do processo produtivo que é caracterizada pelo uso da tecnologia de inserção automática de componentes SMD (*Surface Mount Design*) na superfície de placas de circuito impresso (PCI).

Abaixo o desenho representativo da linha de produção SMT (Figura 3).

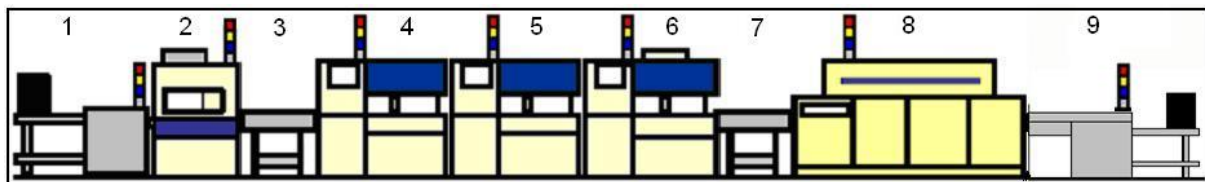


Figura 3 – Linha de produção SMT

As máquinas são dotadas de sistemas automatizados sendo coerente com o ambiente de pesquisa proposto. A seguir a descrição dos equipamentos que compõem a linha de produção SMT e os conceitos de automação aplicados em cada estágio:

- *Loader* (1) - responsável por alimentar a linha de produção com placas de circuito impresso (PCI). Pode ser abastecido, pelo operador, com quatro *racks* (suporte para PCI) compostos com 50 PCIs cada. Possui comando automático para alimentação da próxima

máquina (com autonomia igual ao número de PCIs abastecidas nos *racks*). A máquina está equipada com sistema de controle de posicionamento de PCIs. Também, *andon* que sinaliza a situação do equipamento, informando os estados de operação ou anormalidades para os responsáveis do processo;

- *Screen Printer* (2) – responsável por depositar pasta de solda sobre as áreas de soldagem dos componentes na PCI. Possui comando automático para alimentação da próxima máquina com execução da operação principal, assim como, solicita abastecimento para a máquina anterior. Está equipada com leituras automáticas de posicionamento, para garantir a aplicação da pasta de solda de forma correta e sensores de monitoramento de presença e contagem de produtos, com programação de limite de quantidade. Possui inspeção de presença e forma da aplicação da pasta, conforme padrão de qualidade programado, e limpeza automática, em intervalos regulares, da área de aplicação. Dotada de isolamento das partes móveis para o operador, travamento das portas quando em operação e sensores de abertura de portas com bloqueio automático de execução da operação do equipamento. Também, recurso de controle automático de luzes internas e controle automático de acionamento do transportador via reconhecimento de presença ou não da PCI. A intervenção do operador é necessária para o *start* do processo, completar o depósito de pasta de solda (em intervalos regulares) ou atender a anormalidades sinalizadas via *andon*;
- *Conveyor* (3) – responsável por transportar as placas entre as máquinas automaticamente;
- *Pick-and-Place Chip Shooter* (4) – responsável por inserir os componentes eletrônicos menores, na PCI, em alta velocidade. Possui comando automático para alimentação da próxima máquina com execução da operação principal, assim como, solicita abastecimento para a máquina anterior. Está equipada com leituras automáticas de posicionamento da PCI, verificação de presença, conformidade de forma e posicionamento dos componentes antes da inserção e função de autocalibração, isso para garantir a montagem correta dos componentes. Possui controladores para contagem de produtos, com programação de limite de quantidade, e segregação física dos componentes não-conformes com controle da taxa excessiva de erros durante a operação. Contemplam isolamento das partes móveis para o operador, sensores de presença e abertura de portas com bloqueio automático de execução da operação do equipamento. Também, recurso de controle automático de luzes internas. A intervenção do operador é necessária para o *start* do processo, realimentação de componentes ou atender anormalidades sinalizadas via *andon*;
- *Pick-and-Place Chip Shooter* (5) – responsável por inserir os componentes eletrônicos menores, na PCI, em alta velocidade. Possui os mesmos recursos da máquina anterior;
- *Pick-and-Place Multi-Function* (6) – responsável por inserir os componentes eletrônicos maiores, na PCI, com alta precisão. Possui os mesmos recursos das *pick-and-place chip shooter*;
- *Conveyor* (7) – responsável por transportar as placas entre as máquinas automaticamente;
- Forno (8) – responsável pela refusão da pasta de solda e, conseqüente, fixação dos componentes eletrônicos na PCI. Controles de temperaturas nas zonas internas de aquecimento e resfriamento do equipamento. Monitoramento da posição da PCI ao longo do forno, contador de PCI e controle de velocidade do transportador. A intervenção do operador é necessária para o *start* do processo ou atender anormalidades sinalizadas via *andon*;
- *Unloader* (9) – responsável por recolher da linha de produção as placas de circuito impresso. Pode receber da linha até três *racks* completos de PCIs, após isso, o operador deve descarregar a máquina para liberar novas posições. Possui comando automático para recebimento e operação (com autonomia igual ao número de posições disponíveis nos

racks). Também, *andon* que sinaliza a situação do equipamento, informando os estados de operação ou anormalidades para os responsáveis do processo.

Em cada linha de produção encontram-se três funcionários dedicados a operação e um líder. Dentro da equipe de operação existe um colaborador com a função de sub-líder que coordena as atividades encaminhadas pelo líder.

Alto *mix* de produtos e baixo volume de produção é característica predominante na empresa estudada, assim, trabalha dentro de constantes alterações no ritmo e tipo de atividade, isso exige dinamismo por parte de toda a equipe para o atendimento das metas da empresa.

5. Discussão dos resultados obtidos

Os equipamentos em questão necessitam da intervenção dos operadores em casos de interrupção por defeitos e/ou totalização de quantidades produzidas, ou seja, em momentos de anormalidades sinalizadas (visualmente e por sons) via *andon*. Isso permite a quebra do pressuposto de um operador por máquina e dá condições para a prática da multifuncionalidade, que neste caso é trabalhada sobre a forma de múltiplos processos. Neste ponto, o circuito 2 da autonomia é abordado, e benefícios como a redução das despesas operacionais, ocasionadas pela otimização da mão-de-obra, é um resultado conquistado pela empresa, coerente com a citação de Passos Júnior (2004). A prática da estratégia da multifuncionalidade na indústria eletrônica é confirmada com a pesquisa de Doolen & Hacker (2005).

A adoção de máquinas com inspeção na fonte, com frequência de 100% e sistemas *poka-yoke* (exemplo: leituras automáticas de posicionamento, inspeção de presença e forma da aplicação da pasta de solda, verificação de conformidade de forma, presença e posição dos componentes) proporcionam capacidade para o sistema produtivo buscar a eliminação de produtos defeituosos na linha de montagem SMD, conforme declarações de Shingo (1986) e Ghinato (1996). Aqui, o circuito 3 é tratado, e tanto o ganho quanto a redução de despesas operacionais são verificados pela empresa com a autonomia, seguindo as conclusões de Passos Júnior (2004).

A contribuição direta com a questão de segurança industrial é percebida com a disponibilidade de funções como:

- Travamento automático de portas quando em operação;
- Sensores de abertura de portas com bloqueio automático de execução da operação;
- Sensores de presença com bloqueio automático de operação.

Segundo Passos Júnior (2004), no circuito 4, as ações relacionadas com a segurança industrial reduzem as despesas operacionais relativas a custos com acidentes e afastamentos de trabalhadores, o que é comprovado no caso estudado, não havendo registros de acidentes desta natureza na linha de montagem SMT desde a instalação das máquinas (mais de cinco anos). Isso é corroborado por Antunes *et al.* (2008) quando declara que o conceito de autonomia pode ser ampliado para detectar problemas associados à segurança dos trabalhadores, buscando um ambiente mais adequado e a redução radical de acidentes de trabalho.

Os sistemas de controle automático de luzes internas e controle automático de acionamento do transportador colaboram com a redução das despesas operacionais associadas à redução dos custos energéticos, seguindo as proposições de Passos Júnior (2004).

Não há registros de uso dos conceitos estruturados da Manutenção Produtiva Total - MPT (*Total Productive Maintenance* - TPM) na empresa. Os procedimentos de manutenção adotados seguem as orientações dos fabricantes dos equipamentos, assim, os benefícios esperados no circuito 1 da autonomia não são explorados ao máximo como sugerem Antunes *et al.* (2008), Passos Júnior (2004), Ghinato (1996) e Shingo (1996).

6. Conclusão

O artigo buscou abordar as aplicações dos conceitos da autonomia em um sistema produtivo brasileiro. A demonstração da prática, registrada nesta pesquisa, contribui para a expansão do entendimento da literatura sobre o tema.

Questões como a interação da equipe de trabalho na linha de montagem SMT, a atuação da supervisão como mediador, orientador e patrocinador dos membros do setor, dando autonomia e autoridade para o grupo, são fatos importantes encontrados no estudo e diferenciais para a conquista dos resultados relatados. Liker (2005) comenta que as pessoas que atuam diretamente nas tarefas de agregação de valor estão mais familiarizadas com as reais atividades do trabalho e com os problemas que o afetam. E segundo Conti *et al.* (2006), trabalhadores assumindo o controle de suas tarefas melhoram o ambiente de trabalho e o resultado de seus esforços

O principal objetivo da empresa quando projetaram a linha de montagem SMT era a busca da qualidade assegurada. Entendendo não ser capaz de eliminar a perda por produtos defeituosos e atender a demanda de mercado sem os sistemas *poka-yoke*, os equipamentos foram adquiridos e com eles os conceitos de autonomia. Hoje, os benefícios extrapolam os objetivos iniciais e contaminam positivamente a forma de pensamento da gestão da produção e suas estratégias.

Este trabalho abordou as relações entre conceitos e práticas da autonomia. Cabem mais estudos semelhantes, em outras firmas e/ou indústrias, para ampliarmos a visão do que está sendo e/ou pode ser aplicado em nossas empresas, multiplicando oportunidades de crescimento e competitividade para as empresas nacionais.

Referências

- ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTO, P. & PELLEGRIN, I. *Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- COONEY, R. *Is "lean" a universal production system? Batch production in the automotive industry*. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 22, n.10, p.1130-1147, 2002.
- CONTI, R.; ANGELIS, J.; COOPER, C.; FARAGHER, B. & GILL, C. *The effects of lean production on worker job stress*. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 26, n.9, p.1013-1038, 2006.
- DEVARAJ, S.; HOLLINGWORTH, D.G. & SCHROEDER, R.G. *Generic manufacturing strategies and plant performance*. Journal of Operations Management. Vol. 22, p.313-333, 2004.
- DOOLEN, T.L. & HACKER, M.E. *A review of lean assessment in organizations: an exploratory study of lean practices by electronics manufacturers*. Journal of Manufacturing Systems. Vol. 24, n.1, p.55-67, 2005.
- GHINATO, P. *Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time*. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- LIKER, J.K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MONDEN, Y. *Sistema Toyota de Produção*. São Paulo: IMAM, 1984.

- OHNO, T.** *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.* Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PAIVA, E.L.; CARVALHO, J.M. & FENSTERSEIFER, J.E.** *Estratégia de produção e operações.* Porto Alegre: Bookman, 2004.
- PASSOS JÚNIOR, A.A.** *Os circuitos da autonomia – uma abordagem técnico-econômica.* 96 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2004.
- SHINGO, S.** *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.* Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SHINGO, S.** *Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system.* Portland: Productivity Press, 1986.
- SLACK, N.** *Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais.* São Paulo: Atlas, 1993.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. & ROOS, D.** *A máquina que mudou o mundo.* Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YIN, R.** *Estudo de caso: planejamento e método.* Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZILBOVICIUS, M.** *Modelos para a produção, produção de modelos; gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção.* São Paulo: FAPESP: Annablume, 1999.