

Aplicação da metodologia PDCA para redução do número de quebras no cortador de strip em cortadeiras de uma fábrica de embalagem

Carolinne Secco (UTFPR) carolsecco16@yahoo.com.br

Antonio Carlos de Francisco (UTFPR) acfrancisco@utfpr.edu.br

João Luiz Kovalski (UTFPR) kovalski@utfpr.edu.br

Thiago Fonseca Rodrigues (Faculdades Ponta Grossa) fonsecarodrigues.thiago@gmail.com

Resumo:

O estabelecimento de políticas para utilização dos recursos da produção industrial de forma eficaz sustenta a estratégia competitiva no longo prazo, apresentando-se como uma necessidade nos dias atuais. Como os objetivos amplos podem mudar com o tempo, a estratégia de produção precisa ser modelada para antecipar as necessidades futuras. Reduzir o número de quebras no cortador de strip em cortadeiras de uma fábrica de embalagens em Ponta Grossa - PR é o ponto de partida desta pesquisa, através da aplicação do método PDCA, metodologia TPM e outras ferramentas. Como primeiro passo, destaca-se a formação de um grupo multifuncional para o levantamento completo do sistema de corte, seguido de apresentações, discussões e, enfim, como resultado a necessidade de substituição do equipamento. Esse processo foi positivo para a fábrica, pois a redução do número de quebras tornou o trabalho mais pontual, no sentido de melhorar o desempenho. A situação fez refletir conceitos de qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e tempo. O envolvimento e comprometimento de todos para o planejamento, gerenciamento, execução e acompanhamento foi fundamental para obtenção dos resultados, na busca de prevenir problemas futuros e/ou de corrigir os rumos quando necessário.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva, Sistema de produção, Padronização.

Application of the PDCA methodology to reduce the number of breaks in the strip cutter in cutters of a packaging factory

Abstract

The establishment of policies to use the resources of industrial production effectively supports the competitive strategy in the long term, presenting itself as a necessity in the present day. Because broad objectives can change over time, production strategy needs to be modeled to anticipate future needs. Reducing the number of breaks in the strip cutter at a packing plant in Ponta Grossa - PR is the starting point of this research, through the application of the PDCA method, TPM methodology and other tools. As a first step, we highlight the formation of a multifunctional group for the complete lifting of the cutting system, followed by presentations, discussions and, as a result, the need to replace the equipment. This process was positive for the factory, as reducing the number of breaks made the work more punctual, in order to improve performance. The situation has reflected concepts of quality, speed, reliability, flexibility and time. The involvement and commitment of all to the planning, management, execution and follow-up was fundamental to obtain the results, in the search to prevent future problems and / or to correct the courses when necessary.

Key-words: Productive Maintenance, Production System, Standardization.

1. Introdução

Com o advento da economia globalizada, observa-se um aumento na demanda por produtos de melhor desempenho a custos competitivos. Desta forma, surgiu a necessidade de reduzir a probabilidade de falhas nos produtos e entender que as considerações sobre confiabilidade decorrem do conhecimento formal resultante da análise de falhas e da busca da minimização de sua ocorrência.

Em seu sentido mais amplo, confiabilidade está associada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebra de falhas. Em análises de engenharia, todavia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade, em termos de probabilidade (FOGLIATTO; DUARTE, 2009).

Já a Qualidade Total, baseada nas normas NP EM 29000, deve procurar a satisfação plena dos clientes, de um modo rentável e não está apenas na função de Controle de Qualidade, mas também em outras atividades executadas por toda a organização (CARNEIRO, 2012).

Este artigo aborda as diferentes técnicas e registra um processo verificado na empresa X do Município de Ponta Grossa - PR, com o objetivo de reduzir o número de quebras em cortadeiras de embalagens, através da implementação de um grupo aplicando a metodologia do PDCA.

2. Referencial teórico

Segundo Takahashi (1993), a Manutenção Produtiva Total (MPT), também conhecida como TPM (*Total Productive Maintenance*) – atividades de manutenção produtiva com participação de todos os funcionários da empresa – está entre os métodos mais eficazes para transformar uma fábrica em uma operação com gerenciamento orientado para o equipamento, coerente com as mudanças da sociedade contemporânea.

Para compreender o gerenciamento orientado, os autores destacam que a primeira exigência para a transformação desejada deve ocorrer quando todos voltem sua atenção aos componentes da fábrica, já que a confiabilidade, segurança e manutenção constituem-se elementos decisivos para a obtenção da qualidade, aliada à quantidade e custo.

Takahashi (1993) registram que após a Segunda Guerra Mundial, vários métodos de gerenciamento foram introduzidos no Japão, vindos tanto da Europa quanto dos Estados Unidos. Esses métodos influenciaram os processos de gerenciamento. Como resultado do processo de abordagem e investigação, a manutenção produtiva promove atividades mais eficazes.

Nesse contexto se faz necessária a verificação do funcionamento do equipamento e das linhas de produção, para averiguar se os mesmos encontram-se num nível de capacidade suficiente em relação à capacidade padrão indicada em suas especificações. O índice derivado das perdas ocasionais por esses problemas é chamado de rendimento global do equipamento, ou índice de utilização do equipamento para produção (TAKAHASHI, 1993).

O autor registra ainda que na área de tecnologia e técnicas relacionadas ao equipamento, muitos problemas importantes podem exigir um número considerável de profissionais que, às vezes, podem se sentir despreparados para enfrentá-los.

A tecnologia do equipamento é constituída de elementos cumulativos de conhecimento tecnológico, e seu aprimoramento dificilmente é simples ou direto. A iniciativa individual, em particular, representa um fator de peso. Assim, ao invés de simplesmente tentar “se virar”, aplicando a tecnologia existente fornecida pelos vendedores de equipamentos ou utilizando o material de referência padrão, é conveniente cultivar aptidões e técnicas desenvolvidas

internamente, por iniciativa própria, mesmo que seu significado pareça limitado (TAKAHASHI, 1993).

Ainda segundo Takahashi (1993), a meta inicial, que segue a introdução da TPM, é a eliminação total das avarias dos equipamentos. O departamento de manutenção deve procurar aumentar a eficácia das atividades, baseando-se no calendário de manutenção.

2.1 Sistema de produção

Segundo Carneiro (2012) os sistemas de produção podem ser classificados de diferentes maneiras. As classificações que mais se destacam são: a classificação por grau de padronização dos produtos, tipo de operação que sofrem os produtos e pela natureza dos produtos.

Para Moreira (2004), “processos contínuos tendem a ser altamente automatizados”, o que para Slack et al. (1997), “muitas vezes estão associados à tecnologia relativamente inflexível, de capital intensivo”.

No processo repetitivo em lote, de acordo com Carneiro (2012), os produtos são fabricados em uma quantidade específica, onde cada operação é feita por completo e, posteriormente, o item segue para serem executados os trabalhos subsequentes, para que se torne um produto acabado com qualidade que necessita.

De acordo com Carneiro (2012), a produção em massa é o processo que possui uma estrutura produtiva mais complexa, por se tratar de um sistema produtivo constante, onde as variáveis como velocidade da produção (máquina), número de máquinas, taxa de ocupação das mesas, setups, e principalmente os WIP (*work in process*), trabalho em processo, são alternados constantemente pelas necessidades do processo ou mesmo pela configuração do sistema dimensionado no planejamento e controle da produção. Nesse processo, também existe uma necessidade muito grande no controle e processo, pois as perdas poderão ser determinantes e vitais para o sucesso da empresa.

O processo por encomenda, ao contrário do sistema em massa é simples, proporciona um planejamento e controle da produção totalmente dimensionado e programável, pois a estrutura produtiva será constituída e alternada de acordo com o pedido (CARNEIRO, 2012).

2.2 Planejamento e controle da produção

De acordo com Carneiro (2012), em um sistema de manufatura, toda vez que são formulados objetivos, é necessário formular planos de como atingi-lo, organizar recursos humanos e físicos necessários para a ação, dirigir a ação dos recursos humanos sobre os recursos físicos e controlar esta ação para a correção de eventuais desvios. No âmbito da administração da produção, este processo é realizado pela função de Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Zacarelli (1979) denomina o PCP como Programação e Controle da Produção, definindo-o como “[...] um conjunto de funções inter-relacionadas que objetivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais setores administrativos da empresa”.

3. Caso prático

A empresa X foi fundada em 1951 e mudou a forma como os alimentos eram envasados e distribuídos ao redor do planeta. Atualmente é a maior empresa produtora de matéria prima para envasados do mundo. É líder de mercado em soluções para a indústria de leite e derivados, sucos e outros alimentos e atua há 55 anos no Brasil.

O Departamento de Manutenção da empresa tem por função o atendimento da linha de

produção, manutenções preventivas em paradas de fábrica, manutenções preditivas (análises de óleo, análises de vibração, análises termográfica e análises de motores elétricos), além de controlar diversos indicadores que mostram o impacto da manutenção à produção, tais como paradas de máquinas da linha de produção devido à quebra de componentes mecânicos ou eletrônicos. Estes indicadores também controlam o índice de quebras, o tempo médio e o tempo entre quebras.

A manutenção da empresa trabalha com o desenvolvimento de grupos focados, os chamados grupos tarefas e também pequenos projetos para redução de quebras (*restore basic condition*).

A planta da fábrica apresenta uma linha de produção composta por diversas máquinas e submáquinas, sendo elas: Duas Impressoras (VTV 11 e 12), uma Laminadora (*laminator* 21), três Cortadeiras (*sliter* 51, 52 e 53), área de paletização e doctors.

Na área de impressão, recebe-se a bobina virgem, onde é impresso no papel a arte (o desenho da embalagem) conforme solicitação de cada cliente. O papel também passa por uma submáquina chamada vincador, onde o mesmo é responsável por efetuar as marcações (vinco) onde esta embalagem será dobrada antes do envase.

O processo de laminação é responsável pela adição das camadas de polietileno e alumínio à embalagem, após a bobina de papel já estar impressa.

No processo de corte, a bobina é laminada e fatiada, ou seja, é cortada na correta largura de uma embalagem; nesta máquina são retiradas as sobras originadas dos outros processos, sendo que estas sobras são chamadas de strip.

Na sequência, o strip é sugado por uma tubulação até um picador, onde são cortados em pequenas tiras e transportados para a enfardadeira, onde estes materiais são colocados em fardos para seu correto descarte.

Na área de paletização e doctors, apresenta uma planta robotizada (*Kuka Roboter*), responsável por montar pallets e empilhar bobinas conforme cliente de destino. Após as bobinas empilhadas, o pallet é enviado por esteiras transportadoras para outra máquina chamada *Cyclop Strech*. A *Cyclop Strech* é responsável por embalar o pallet para que o mesmo não seja contaminado por algum fator externo. Após esse processo, o pallet é carregado e enviado para seu correto cliente.

A formação do grupo funcional se deu por dois objetivos: Redução do tempo de *Down Time* (DT – tempo de inatividade), tendo como consequência o aumento da eficiência geral dos equipamentos da área de corte e a redução de quebras nas cortadeiras, por falhas do sistema de corte e transporte de strip, sendo que a redução do número de quebras e falhas nos sistema de corte e transporte de strip fundamentou o objetivo primário desse estudo de caso.

3.1 O sistema de transporte do strip

O sistema utilizado pela fábrica no transporte do strip ao picador não é recomendável, pelo fato de apresentar excesso de curvas na tubulação. Verificou-se que o sistema de corte também é ineficiente para o processo, devido à alta velocidade em que o strip é “puxado” para corte e transporte até PRS. O sistema atual conta com picador de oito facas e uma contra-faca, com velocidade de rotação definida e sem alteração. Há falha no corte, pois existe somente uma contra-faca.

Dependendo da vibração do strip na entrada do picador, o corte não ocorre no intervalo da primeira e segunda contra-faca, mas sim posterior a isso, ocasionando strip muito longo, até mesmo em melhores condições do equipamento, após troca de facas e contra-facas,

verificou-se que o comprimento ficou com aproximadamente 500 mm.

Foram coletadas amostras de fitilhos de strip para fazer comparação. Através das primeiras coletas, foi constatado que comprimento pode chegar até quatro vezes maior que o tamanho ideal (comprimento ideal de aproximadamente 400 mm).

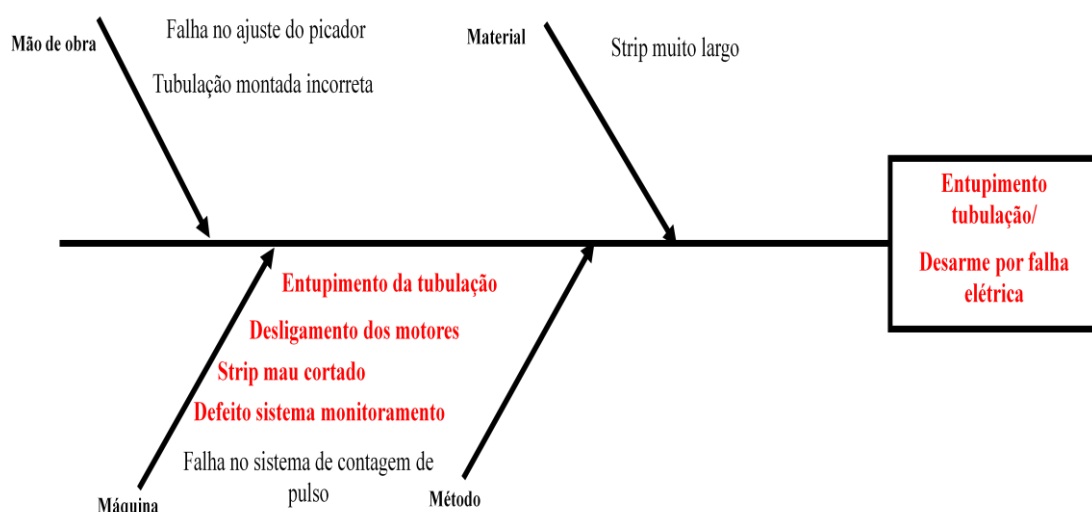
3.2 Investigação e análise do problema

No que diz respeito à investigação e análise do problema, foi efetuado o levantamento de todas as quebras que já ocorreram no sistema, assim como as análises e ações já tomadas para evitar as quebras. Realizou-se um *benchmarking* com a outra fábrica do grupo onde existem picadores semelhantes aos dessa planta, para comparar quais os seus maiores problemas, além de um mapeamento de todo o sistema para apurar o máximo de informações possíveis.

Após todo o processo de obtenção dos dados, os integrantes do grupo reuniram-se e fizeram a análise geral, utilizando o método de análise do 5w1h, onde após mapeamento do sistema como um todo e das últimas quebras ocorridas foram apontadas as causas potenciais que geraram a falha, através do método 4M:

- Mão de Obra: Neste tópico foram apontadas todas as causas potenciais relacionadas à intervenção no equipamento e quebras que ocorreram após algum tipo de intervenção no equipamento;
- Material: Neste item foram apontadas todas as causas potenciais relacionadas a material ou matéria-prima, neste caso defeitos no rolo que é cortado;
- Máquina: Neste tópico foram apontadas todas as causas potenciais relacionadas ao equipamento, uma falha do equipamento ou algum componente elétrico ou mecânico que possa ter gerado a falha;
- Método: Neste item foram apontadas todas as causas potenciais relacionadas à falha no seguimento de algum procedimento durante a utilização do equipamento.

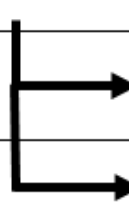
No que diz respeito às causas potenciais de falhas, segue exemplificação na figura 1:



Fonte: Autoria própria

Figura 1: Investigação do problema e determinação das causas raízes

Efetuada os levantados das causas potenciais possíveis de falha nestes equipamentos, foi utilizado o método dos cinco porquês, onde é analisada cada causa potencial da falha. Após as análises são geradas ações para prevenir que estas falhas voltem a ocorrer:

POR QUÊ ?	POR QUÊ ?	POR QUÊ ?	POR QUÊ ?	POR QUÊ ?	AÇÃO
Entupimento da tubulação	Strip muito longo	Facas e contra facas desajustadas	Falha no ajuste	Falta de método	Ajuste das facas e contra facas
			Vibração no rotor	Rotor desbalanceado	Contratar empresa para balanceamento do rotor
	Ocorre fenômeno "corda", o que aumenta a resistência ao corte	Sistema de picador de strip projeto deficiente	Seu posicionamento físico, projetado incorretamente	Muito distante entrada da sução do strip e faz curva 90°C	REPROJETO picadores de strip cortadeira 51 e 52
Entupimento da tubulação	Motores com baixa capacidade rotação	Erro de projeto	Não foi verificado possibilidade de trabalhar com rotação maior (não tem inversor de frequência)		Instalação de inversores nos motores dos exaustores

Fonte: Autoria própria

Figura 2: Análise dos cinco porquês das causas potenciais

Gerada a análise, foi montado um plano de ação, o qual descreve todas as medidas que devem ser tomadas, justificando-as e preestabelecendo prazos para sua execução.

TAREFA	O QUÊ	QUEM	PORQUÊ	QUANDO	STATUS
medição	comp. strip	J.Maria	fazer comparativo	02-20/abr	
requisitar/mudar quant. estoque	spare parts	J.Maria	sempre ter conjunto novo para troca	07/abr	
ajuste	in loco cort. 51 e 52	T. Rodrigues	diminuir comp. strip	11/abr	
ajuste	in loco cort. 53	T. Rodrigues	diminuir comp. strip	11/abr	
escopo reforma	painel elétrico	Ederson	confiabilidade do sistema elétrico	14/abr	
verificar	dimensionamento inversor	Ederson	se não esta subdimensionado	18/abr	
balanceamento	conjunto/picadores	T. Rodrigues / Preditiva	eliminar vibração/melhorar corte	01/mai	
troca	facas	T. Rodrigues	desgaste excessivo	01/mai	
troca	contra-facas	T. Rodrigues	desgaste excessivo	01/mai	
incluir	prazo TBM para troca faca/contra-facas conforme determinado pelo Grupo Tarefa	Programador	troca preventiva	26/jun	
medição sistêmica	strip após intervenção cortadeira 52	Thiago	validar se ação que foi realizada cortadeira 52 (troca das facas, balanceamento e ajuste das mesmas), diminuiu comprimento do strip.Retirar de forma sistêmica.	15 a 30/mai	
Atualização do check list	conjunto picadores de strip	José Maria	inserção de pontos que não eram verificados anteriormente, tais como acoplagem do sistema, vibração e ruído	02/jun	
Fazer instrução de trabalho	troca e ajuste facas e contra facas	José Maria/Thiago	para que não ocorra erro de montagem e fique procedimentado no sistema	01/jul	
escopo projeto reforma	instalação painel elétrico dimensionado adequadamente com ITHM	Ederson/Joarez/Adilson	Ocorra mais quebras devido falha equipamentos/diminuir DT	15/jun	
escopo projeto picadores	picadores mais eficientes	José Maria / Thiago R.	diminuir comprimento strip, diminuir ruído, diminuir tempo de intervenção	15/jun	

Fonte: Autoria própria

Tabela 1: Plano de ações

Juntamente com as ações propostas, foi feito um monitoramento do comprimento do strip. Observou-se que logo após a implantação das ações houve diferença significativa no comprimento do strip como mostra a tabela abaixo.

DATAS DE COLETA	CORTADEIRA 51			CORTADEIRA 52			CORTADEIRA 53			obs
		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)	
04/mai	1ª amostra	830	628,3	1ª amostra	510	613,3	1ª amostra	425	498,3	feito 3 coletas de strip
	2ª amostra	475		2ª amostra	700		2ª amostra	470		
	3ª amostra	580		3ª amostra	630		3ª amostra	600		
05/jun		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)	obs
	1ª amostra	500	520,0	1ª amostra	420	513,3	1ª amostra	605	611,7	feito 3 coletas de strip
	2ª amostra	580		2ª amostra	570		2ª amostra	670		
	3ª amostra	480		3ª amostra	550		3ª amostra	560		
06/jul		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)		tamanho strip (mm)	média do strip (mm)	obs
	1ª amostra	700	625,0	1ª amostra	550	576,7	1ª amostra	490	526,7	feito 3 coletas de strip
	2ª amostra	450		2ª amostra	570		2ª amostra	550		
	3ª amostra	725		3ª amostra	610		3ª amostra	540		

Fonte: Autoria própria
Tabela 2: Monitoramento tamanho Strip

4. Resultados e discussões

Como resultado das análises desenvolvidas pelo grupo, chegou-se às seguintes ações com prazos pré-determinados:

- 1) Inserida no plano preventivo a troca periódica das facas e contra-facas dos picadores de strip, com prazo menor (3 meses facas e 1 mês contra-faca);
- 2) Treinamento dos manutentores “OPL de conhecimento faca e contra-facas”;
- 3) Treinamento dos manutentores “IT troca e ajuste das facas e contra-faca picadores”;
- 4) Inseridos no check list sistêmico itens para verificação com máquina rodando quinzenalmente;
- 5) Aprovação para troca do painel elétrico e instalação de inversores e sistema com IHM;
- 6) Aprovação para troca dos picadores de strip (Envitech) das cortadeiras 51/52;
- 7) Com as medidas tomadas foi reduzido o número de quebras e também DT.

O projeto desenvolvido foi de grande importância para empresa, pois resultou em uma melhora significativamente na performance do equipamento, o que possibilitou a diminuição do número de quebras e melhora dos indicadores de produção da área verificada. Melhorou ainda o impacto da manutenção nesta área, com o grupo de trabalho, pois se conseguiu utilizar menos recursos e gerar mais lucros em menos tempo.

Após o encerramento dos trabalhos do grupo, justificou-se à gerência da fábrica que o equipamento era obsoleto para realização da função determinada, comprometendo sua eficiência. Com isso, foi aberto e aprovado um investimento para troca destes picadores.

5. Conclusões

Partindo do entendimento de que as organizações devem planejar cada procedimento é importante sugerir mudanças na forma de produção, visando suprir as lacunas deixadas pela

não observância dessas técnicas. No setor específico, esse procedimento deve ser gerido de forma a manter a rotatividade, qualidade e confiabilidade, evitando ainda problemas relacionados à falta de estratégias para uma gestão moderna e de resultados.

Durante todas as etapas do processo, a empresa deve ter cuidado e aperfeiçoar métodos de trabalho, no sentido de evitar situações recorrentes e analisar também o modelo de produção adotado em outros setores e que pode vir a afetar o atual sistema.

Nesse sentido, o pedido para abertura de um grupo para melhorar a performance do equipamento partiu da própria empresa, que articulou a formação do grupo de trabalho, determinando procedimentos básicos com vistas a solucionar os problemas no curto e médio prazo, como investimento essencial no longo prazo.

Partindo do problema em questão, as reuniões contaram com a colaboração de todos os setores e, no curto prazo, os resultados já eram do conhecimento de todos, ou seja, a necessidade de substituir o equipamento em questão para melhorar a eficácia no processo de corte de embalagem.

Dentro da análise apresentada neste trabalho sobre o sistema de transporte e de corte, chegou-se a um nível de eficiência que varia entre 60 e 70%. As dificuldades encontradas foram apenas na questão inicial para chegar então até os resultados comparativos e medidas práticas para evitar situações de recorrências, que geralmente ocorrem nesses casos.

O problema verificado, embora considerado pequeno diante de todo o processo produtivo da empresa serve de exemplo para que sejam evitados problemas futuros, medindo principalmente a vida útil e qualidade no tocante a índice de obtenção de resultados.

Durante as observações, verificou-se também o comprometimento dos funcionários de todos os setores, que participaram das reuniões e forneceram todas as informações necessárias para a resolução do problema e implantação do novo método.

O sistema pode e deve ser melhorado, principalmente no momento em que a empresa expande principalmente no que se refere a investimentos produtivos, visando à qualidade total.

Tendo em vista que o universo é o conjunto sobre cujos atributos vão indiciar a investigação transformando-se em fonte de informação (FACHIN, 2003), reitera-se que o universo desta pesquisa compreende os procedimentos adotados pela gerência para melhorar a produção.

Ao longo do trabalho de observação, foi possível verificar e sugerir técnicas de gestão que podem melhorar ainda mais o atendimento e aumentar o grau de satisfação de funcionários, diretores, colaboradores e, claro, consumidores. Nesse sentido, a união de todos os setores é imprescindível para cumprimento das metas.

Por outro lado, em conformidade com o pensamento de Gil (2002), a amostra, que é uma pequena parte dos elementos que compõem o universo, teve como fundamento o setor de corte de embalagem, com o claro objetivo de reduzir o número de quebras.

Os principais instrumentos para coleta de dados necessários à pesquisa foram reuniões e discussões realizadas pelo grupo de trabalho. A coleta de dados não se pautou em perguntas abrangentes, mas específicas, utilizando-se de comunicação oral que permite quer uma análise mais prática.

O modelo adotado pela empresa consiste num programa de eficiência total com base na busca pela qualidade constante, abrangendo todos os processos produtivos. O sistema básico, no entanto, já foi melhorado por várias vezes, sempre procurando deixá-lo mais prático e moderno.

A empresa em análise investe em informações atualizadas e dispõe de um sistema gerencial moderno e planejado de forma a evitar falhas na produção, desperdícios e retrabalhos.

Investir de forma constante no sistema permite melhorar a produção através do planejamento e da uniformização das informações repassadas pelos grupos de trabalho, de forma clara e objetiva.

Referências

BOCHNIA, A. L. *Utilização da metodologia PDCA para melhorar o CPK de RCS das embalagens Tetra Pak*. UTFPR – Campus Ponta Grossa, 2008.

CARNEIRO, R. A. *Conceitos da Administração da produção*. Maringá-PR, 2012.

FACHIN, O. *Fundamentos de metodologia*. São Paulo: Saraiva, 2003.

FOGLIATTO, F. S; DUARTE, J. L. R. *Confiabilidade e manutenção industrial*. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MOREIRA, D. A. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SLACK, N.; et al. *Administração da Produção*. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 1997.

TAKAHASHI, Y. *TPM/MPT: Manutenção produtiva Total*. IMAM, 1993.

ZACCARELLI, S. B. *Programação e controle da produção*. 8. Ed. São Paulo: Pioneira, 1987.