



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ESTUDO DE CASO PARA MELHORIA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA
DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Marcelo Plentz

Lajeado, julho de 2013

Marcelo Plentz

**ESTUDO DE CASO PARA MELHORIA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA
DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso Etapa II do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ms. Eduardo Becker Delwing

Lajeado, julho de 2013

Marcelo Plentz

ESTUDO DE CASO PARA MELHORIA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

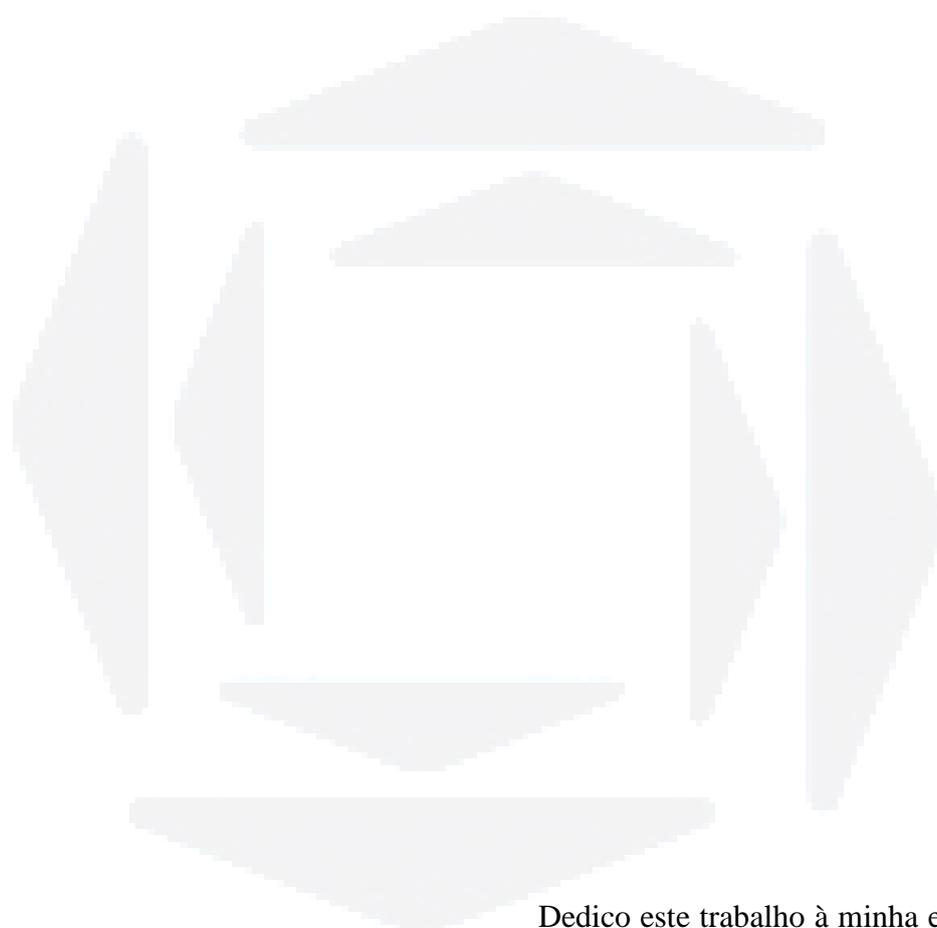
A banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, na área de concentração Engenharia da Qualidade.

Prof. Ms. Eduardo Becker Delwing – Orientador
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Ms. Adriana Magedanz
Centro Universitário UNIVATES

Prof. Ms. Manfred Costa
Centro Universitário UNIVATES

Lajeado, julho de 2013



Dedico este trabalho à minha esposa Adriane Moreira Plentz e aos meus dois filhos, Natália Moreira Plentz e Guilherme Moreira Plentz, por todo apoio e compreensão durante esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, razão da existência do universo, que proporciona a energia para preencher o todo e para continuar sempre desvendando os mistérios.

Ao coordenador do curso de engenharia de produção Manfred Costa por estimular continuamente o melhor desempenho ao curso.

A todos os professores que ao longo de minha formação acadêmica oportunizaram o meu desenvolvimento, transmitiram sabedoria e provocaram a busca pelo conhecimento.

Ao meu orientador, Eduardo Becker Delwing, por toda dedicação, profissionalismo, atenção e paciência empreendidos para o alcance dos objetivos deste trabalho.

Aos colegas de curso, por propiciarem a troca de experiências, contribuindo para o enriquecimento e crescimento intelectual.

E também, a mim mesmo, pela determinação, sem medir esforços e em acreditar que tudo é possível para superar os desafios, transformando os obstáculos em oportunidades de continuar me desenvolvendo.

RESUMO

A competitividade nos diversos segmentos industriais tem estimulado as organizações a desenvolverem formas de tornar suas operações e processos produtivos cada vez mais eficientes e com maior produtividade. O objetivo das empresas é buscar características que permitam ter bons resultados em relação à concorrência. Deste modo, o presente estudo apresenta conceitos acerca da aplicação de ferramentas e técnicas para a resolução de problemas melhorando a eficiência produtiva em uma linha de produção. Ainda expõe um panorama da evolução da manufatura a nível mundial, abordando as principais circunstâncias da transformação desde o artesanato até a inovação tecnológica dos dias atuais. O trabalho foi desenvolvido em uma unidade industrial processadora de alimentos situada no Vale do Taquari, no Estado do Rio Grande do Sul. A metodologia foi estruturada num modelo proposto apoiado pelo MASP (Método de Análise e Solução de Problemas). Os resultados obtidos no estudo, após a implementação das ações de melhoria, mostraram vários aspectos positivos em relação à situação dos dados históricos. Houve diminuição de 28,29% nas paradas não programadas, aumento de 58,27% no intervalo médio entre falhas e 5,95% na eficiência mecânica da máquina. Além disso, incremento de 13,73% na eficiência global do equipamento e uma redução de 23% nas perdas de embalagens. Desta maneira, o trabalho contribuiu para a geração de resultados positivos ao processo, permitindo ganhos de produtividade e redução de custos com a melhoria dos indicadores, com oportunidade de alcançar resultados ainda melhores com a continuidade da aplicação da metodologia.

Palavras-chave: Eficiência. Produtividade. Falhas. Melhoria nos Processos.

ABSTRACT

The competitiveness in various industries has encouraged organizations to develop ways to make their operations and production processes more efficient and more productive. The goal of the company is seeking to have characteristics that allow good results in the competition. Thus, this study presents concepts of the application of tools and techniques for solving problems by improving production efficiency in a production line. Still presents an overview of the evolution of manufacturing worldwide, addressing the main causes of transformation from crafts to the technological innovation of today. The study was conducted in a food processing plant located in Vale do Taquari, in the state of Rio Grande do Sul. The methodology was structured in a proposed model supported by the MASP (Method of Analysis and Troubleshooting). The results obtained in the study, after the implementation of the improvement actions, showed several positive aspects to the situation of the historical data. There was a decrease of 28.29% in unscheduled downtime, increase of 58.27% in the average time between failures and 5.95% in the mechanical efficiency of the machine. Furthermore, an increase of 13.73% on the overall efficiency of the equipment and a reduction of 23% in loss of packaging. Thus, the work contributed to the generation of positive results to the process, enabling productivity gains and cost reductions by improving the indicators, with the opportunity to achieve even better results with the continued application of the methodology.

Keywords: Efficiency. Productivity. Failures. Improved Processes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Evolução da manufatura mundial nos últimos 200 anos..... | 21 |
| Figura 2 - Estrutura da produção..... | 23 |
| Figura 3 - A pirâmide de perda de máquina..... | 26 |
| Figura 4 - Quebra – falha visível..... | 27 |
| Figura 5 - Ciclo PDCA..... | 33 |
| Figura 6 - Etapas do MASP..... | 35 |
| Figura 7 - Exemplo de um gráfico de Pareto..... | 38 |
| Figura 8 - Exemplo de diagrama de causa-efeito..... | 39 |
| Figura 9 - Cópia da Tela do PLMS..... | 53 |
| Figura 10 - Quantidade de horas produzidas entre julho a dezembro de 2012..... | 57 |
| Figura 11 - Quadro usado para divulgação dos indicadores de máquina..... | 58 |
| Figura 12 - Etiquetas colocadas na máquina para identificar as anomalias..... | 59 |
| Figura 13 - Estratificação das paradas..... | 60 |
| Figura 14 - Gráfico de pareto das paradas..... | 61 |
| Figura 15 - Análise de falha da estação DIMC pelo diagrama de causa e efeito..... | 62 |
| Figura 16 - Modelo usado para priorização das causas..... | 63 |
| Figura 17 - Análise das causas prováveis através do modelo dos cinco porquês..... | 64 |
| Figura 18 - Modelo de plano de ação 5W2H utilizado..... | 65 |
| Figura 19 - Horas produzidas entre janeiro a maio de 2013..... | 69 |
| Figura 20 - Quantidade de paradas durante o estudo de caso..... | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Indicadores de julho a dezembro de 2012..... | 56 |
| Tabela 2 – Indicadores obtidos durante o período de estudo – (jan – mai/2013)..... | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS

- DIMC - *Direct Injection Molding Concept*
- EMM - Eficiência Mecânica da Máquina
- EUA - Estados Unidos da América
- FMEA- *Failure Mode and Effect Analysis*
- GT - Grupo de Trabalho
- HAZOP - *Hazard and Operability Studies*
- MASP - Método de Análise e Solução de Problemas
- MTBF - *Mean Time Between Failures*
- MPT - Manutenção Produtiva Total
- OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
- PDCA - *Plan/Do/Check/Act*
- PLMS - *Packaging Line Monitoring System*
- STP - Sistema Toyota de Produção
- UHT - *Ultra-High Temperature*

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 Apresentação..... | 12 |
| 1.2 Tema..... | 14 |
| 1.3 Objetivo geral..... | 14 |
| 1.3.1 Objetivos específicos..... | 14 |
| 1.4 Justificativa..... | 15 |
| 1.5 Delimitação..... | 15 |
| 1.6 Estrutura..... | 16 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 17 |
| 2.1 Considerações gerais..... | 17 |
| 2.2 Evolução da manufatura no mundo e no Brasil..... | 18 |
| 2.3 Conceitos básicos..... | 22 |
| 2.3.1 Mecanismo da função produção..... | 22 |
| 2.3.2 O mecanismo da função produção – análise da função processo..... | 24 |
| 2.3.3 O mecanismo da função produção – análise da função operação..... | 24 |
| 2.3.4 Manutenção produtiva total..... | 25 |
| 2.3.5 Perdas nos sistemas produtivos..... | 28 |
| 2.4 Metodologias da qualidade para melhorias de eficiência..... | 32 |
| 2.4.1 PDCA..... | 33 |
| 2.4.2 MASP..... | 34 |
| 2.4.3 Formação de grupos de trabalho..... | 35 |
| 2.4.4 Indicadores de desempenho..... | 36 |
| 2.4.5 Diagrama de Pareto..... | 37 |
| 2.4.6 Brainstorming..... | 38 |
| 2.4.7 Diagrama de causa e efeito..... | 39 |
| 2.4.8 Método dos cinco porquês..... | 40 |
| 2.4.9 Técnica 5W2H..... | 41 |
| 2.4.10 FMEA..... | 42 |
| 2.4.11 HAZOP..... | 43 |
| 3 METODOLOGIA..... | 45 |
| 4 ESTUDO DE CASO..... | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Histórico da empresa em estudo..... | 49 |
| 4.1.1 Planejamento estratégico..... | 51 |
| 4.1.2 Ritmo contínuo de expansão..... | 51 |
| 4.2 Levantamento da situação atual..... | 52 |
| 4.3 Formação do grupo de trabalho..... | 55 |
| 4.4 Definição dos indicadores..... | 56 |
| 4.5 Aplicação das ferramentas..... | 59 |
| 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 68 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 72 |
| REFERÊNCIAS..... | 74 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

As características da economia globalizada, em especial a acirrada concorrência, trazem a necessidade de se desenvolver sistemas de melhor desempenho e produtos com custos competitivos. Em consequência, surgiu a necessidade de redução na probabilidade de quebras ou falhas nos processos. Para que as empresas mantenham-se competitivas no mercado é de fundamental importância o gerenciamento constante dos processos produtivos, buscando a melhor produtividade, evitando falhas e perdas desnecessárias, permitindo que os equipamentos estejam sempre disponíveis a produzir (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

No âmbito nacional, para que as empresas também sejam capazes de enfrentar a concorrência globalizada, é fundamental o entendimento entre os fatores de produção vigentes no País e as diferenças econômicas entre as nações. Atualmente, num ambiente de constantes mudanças, há um esforço necessário nas fábricas para que as mesmas sejam eficazes nos seus sistemas de produção e capazes de produzir a baixos custos (HANSEN, 2006).

Ainda, nesta mesma linha de pensamento, a competição entre as empresas tem aumentado nos mercados nacional e internacional e isto tem pressionado as empresas a buscarem mais eficiência nas suas operações e processos. Neste contexto, há a necessidade das firmas em explorarem e implantarem sistemas e modelos de produção que tenham um resultado satisfatório do ponto de vista de custos, qualidade, tempo, flexibilidade e inovação (ANTUNES *et al.*, 2008).

Segundo Santos (2003), nas primeiras décadas da Revolução Industrial a produção dava-se predominantemente de forma artesanal e o aumento de produtividade era conseguido

com a produção mecanizada. Isso era suficiente às empresas ficarem numa posição confortável em relação ao atendimento à demanda. A partir da segunda década do século XX, com o advento da administração científica de Taylor e da linha de produção de Ford, houve mudança na lógica de produção, ocorrendo melhorias significativas na produtividade industrial, em função da especialização do trabalho e da padronização dos produtos e peças. E isto foi conseguido, pois a demanda do mercado era superior à produção. Porém, à medida que a oferta de produtos começou a superar a procura, as restrições da competição determinam que as ineficiências tenham que ser reduzidas drasticamente. Para obter êxito no mercado a empresa precisa produzir de forma eficiente, monitorando o desempenho de suas atividades e o rendimento de suas máquinas.

Enquanto as décadas de 50 e 60 foram classificadas como de estabilidade e crescimento, as de 80 e 90 foram marcadas por enormes mudanças nos processos. Áreas de marketing, sistemas de informação e gerenciamento dos recursos humanos passaram por transformações na sua filosofia gerencial. É imprescindível a busca por redução de desperdícios, sendo fundamental o trabalho em equipes multidisciplinares. Empregando técnicas de produção limpa com o trabalho conjunto e usando metodologias de análise é possível identificar e tratar problemas sob diferentes ângulos, incentivando soluções criativas a serem implementadas (SHARMA; MOODY, 2003).

Para Lima e Urbina (2002), novas tecnologias surgem como fatores competitivos, onde a inovação tanto em nível de produto como de processo torna-se essencial para que as empresas mantenham sua fatia de mercado, bem como estejam aptas a explorar novos mercados. Ainda mencionam que os avanços tecnológicos em diversas áreas se desenvolvem de forma cada vez mais rápida, visando aperfeiçoar a produtividade do setor industrial, bem como em outros setores.

Neste cenário é que o estudo será desenvolvido, considerando a necessidade constante de manter as linhas de produção em condições de atender integralmente às necessidades para as quais foram projetadas.

1.2 Tema

A base para o desenvolvimento do presente trabalho é uma unidade industrial de processamento de alimentos em uma empresa de grande porte situada no Vale do Taquari. O tema abordado é a aplicação de ferramentas de análise de solução de problemas numa linha de produção de leite UHT (*Ultra-High Temperature*) da fábrica. O estudo de caso é direcionado na melhoria de eficiência operacional, visando ganhos de produtividade com a redução de perdas.

1.3 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é aplicar ferramentas e técnicas de análise e solução de problemas, tais como formação de grupos de trabalho, indicadores de desempenho, diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, conceitos de FMEA, método dos cinco porquês e técnica 5W2H em uma linha de produção de leite UHT desta unidade industrial escolhida para o estudo com o propósito de melhorar a eficiência operacional da mesma.

1.3.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos consideram os tópicos a seguir para alcançar e construir as soluções para o estudo proposto:

- Diminuir as paradas não programadas da máquina;
- Diminuir as perdas de embalagens;
- Melhorar a eficiência mecânica da máquina em relação à média do período da coleta dos dados;
- Atingir MTBF (*Mean Time Between Failures*) acima de duas horas, na média do período de estudo;
- Melhorar o valor de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) em relação à média do período da coleta dos dados.

1.4 Justificativa

A unidade industrial, em conformidade às diretrizes da empresa, tem suas operações e processos aliada à melhoria contínua. Isto permite à empresa minimizar desperdícios, disponibilizar o melhor produto a um custo adequado, mantendo-se sempre competitiva no mercado (EMPRESA, 2013).

Em qualquer ambiente fabril sempre existe a oportunidade de melhoria nas operações. Por mais que existam controles, as metas estejam sendo atendidas e hajam ferramentas de gestão implantadas, sempre haverá algum ponto com possibilidade de aprimorar ainda mais a condição existente.

Desta forma, este estudo de caso desperta o interesse em elaborar e implantar uma metodologia para cooperar com os objetivos da empresa, possibilitando o avanço em melhorias dos indicadores operacionais e, conseqüentemente, diminuição de custos industriais. Os melhores resultados da empresa compreendem ganhos de produtividade com a diminuição do número de paradas dos equipamentos por quebras inesperadas e com aumento do valor de MTBF, que é o intervalo médio entre falhas. Em consequência, é esperado o aumento da eficiência da linha em relação ao valor médio atual. Outro item importante a ser considerado é a diminuição das perdas de embalagens, sendo estas muito significantes no processo por representarem grande parcela na composição do custo dos produtos.

1.5 Delimitação

O presente trabalho limita-se ao levantamento de dados compreendido por cinco indicadores de desempenho relacionados a uma linha de produção de leite UHT, utilizando uma base histórica compreendida entre os meses de julho a dezembro de 2012. Os indicadores escolhidos são a OEE, eficiência mecânica da máquina, MTBF, perdas de embalagens e quantidade de paradas. Estes indicadores foram definidos mediante entrevista realizada com o gerente da fábrica, sendo apontados pelo gerente como os mais significativos para a operação, pois são vitais para o alcance da produtividade, atendimento aos orçamentos dos planos de produção e contribuição no custo final do produto.

A unidade industrial da empresa possui diversas linhas de produção, porém o foco de trabalho será numa linha de produção de leites UHT. A escolha desta é em função do leite UHT representar altos volumes de transformação diários. Este produto é considerado uma *commodity* e não possui valor agregado. Qualquer cifra de valor monetário no processo pode representar lucro ou prejuízo para os produtos, por isso a importância de ganhos em eficiência.

1.6 Estrutura

O trabalho está estruturado em capítulos, ou seja, os assuntos estão divididos em etapas, os quais estão descritos na sequência. No capítulo 1 é apresentada a introdução ao assunto do trabalho, a qual compreende a apresentação do tema, o objetivo geral, objetivos específicos, a justificativa, os resultados esperados, a delimitação e estrutura. O capítulo 2 contempla o referencial teórico com uma revisão de literatura, que serviu como base ao entendimento dos conceitos e da proposta deste estudo. No terceiro capítulo é abordada a metodologia utilizada para representar a aplicação prática. O capítulo 4 é reservado para o desenvolvimento do conteúdo com a situação atual e apropriação das ferramentas para alcançar os objetivos estabelecidos. No capítulo 5 é realizado um resumo geral com a análise dos resultados obtidos e no Capítulo 6 é apresentada a conclusão do trabalho com sugestões para a empresa aplicar a metodologia na sua rotina. Ainda, após o capítulo final, ocorre a descrição de todas as referências bibliográficas, que serviram de apoio à estruturação deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo do trabalho tem por finalidade explicar os conceitos teóricos de diferentes autores acerca do tema, que servirão de suporte para o desenvolvimento do estudo. Entre os assuntos explorados estão os aspectos conceituais de gestão de sistemas produtivos competitivos, o histórico da manufatura a nível mundial e os aspectos do mecanismo da função produção. Além disso, os fundamentos da manutenção produtiva total, com a ênfase nas quebras de máquina e perdas no processo produtivo, destacando a importância destas no contexto da produtividade e lucratividade nas empresas. Por fim, uma contextualização sobre as ferramentas para análise e solução de problemas, como PDCA, MASP, conceitos sobre formação de grupos de trabalho e indicadores de desempenho.

2.1 Considerações gerais

Em diversos setores da manufatura, a indústria brasileira consolidou posições competitivas bem estruturadas, baseadas na qualidade dos produtos e processos, na eficiência e flexibilidade das operações. A competitividade atualmente alcançada nas diversas áreas industriais tem origem na aplicação do conhecimento para a melhoria dos processos produtivos, na gestão da produção e na inovação (ANTUNES *et al.*, 2008). Já Rotondaro (2002) afirma que neste mercado global e competitivo as organizações estão reformulando suas estratégias para sustentar suas vendas e lucros, sendo que para muitas empresas bem sucedidas suas novas estratégias têm oferecido produtos reconhecidamente superiores em preços, entrega, desempenho e qualidade na visão dos clientes. Também diz que as

organizações de sucesso possuem métodos padronizados e ferramentas projetadas para melhorar e explorar oportunidades que terão como produto final os ganhos tangíveis.

De forma geral, há possibilidade de afirmar que a questão sobre a eficiência na utilização das máquinas e equipamentos em geral, principalmente, das empresas nacionais parece não encontrar espaço junto às práticas tradicionais de análise da produtividade. Através de medições realizadas em empresas que atuam em diversos segmentos da indústria possuem uma tendência de revelar que os recursos de produção operam, em geral, com a eficiência global dos equipamentos insuficiente. E ainda, é importante relacionar estas análises de eficiência das máquinas com os aspectos financeiros decorrentes das ações propostas para melhorias. Este tema é importante do ponto de vista de melhora de posicionamento das empresas do Brasil no plano mundial (HANSEN, 2006).

Estes assuntos de busca por melhorias nos processos têm se tornado pontos de discussão nas empresas no sentido de aperfeiçoar e utilizar melhor os recursos e estruturar as operações de forma mais estável e fundamentada (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004). Estes autores ainda expõem que a produção sempre foi entendida como o local onde os profissionais, como engenheiros, buscavam o máximo de eficiência ao custo mais baixo possível.

2.2 Evolução da manufatura no mundo e no Brasil

O artesanato foi o marco inicial da produção de bens manufaturados no mundo e esta foi a principal forma de produção até a chegada da Revolução Industrial. As características básicas são a mão de obra qualificada, o baixo volume de produção e a qualidade variável, que permanecem até os dias atuais em alguns setores manufatureiros. A partir de 1800 ocorreu uma grande mudança na economia, alterando as formas de produção e distribuição dos produtos, assim como as maneiras e o conteúdo e as ideias de trabalho. A partir daí iniciou-se o sistema de produção em massa (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

Com a introdução da produção em massa, entre 1850 e 1890, surgiram alguns fatores limitantes para instalação das fábricas, como por exemplo, a necessidade de quedas d'água, pois estas eram as principais fontes de energia à época. Mas com a invenção da máquina a

vapor, da eletricidade e do motor elétrico esta limitação foi minimizada. A urbanização aumentou e, como consequência, a demanda por produtos manufaturados também. As fábricas foram surgindo e crescendo, havendo necessidade de mão de obra qualificada, treinada e com necessidade cada vez maior de produção, já visando redução de custos (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

Ao redor de 1890, com o crescimento das organizações, a urbanização e a diversificação abriu caminho ao aparecimento de profissionais com a função de gestão para esta complexidade. Surgiram, assim, os primeiros administradores do processo de manufatura, como Taylor, Gantt e Gilbreth. Esta sistematização dos processos ficou conhecida como Administração Científica. Esta trouxe um novo conceito à estrutura fabril e sua principal característica foi a transferência do poder e o pagamento por produtividade, comparando a produção individual de cada funcionário com uma produção padrão pré-determinada, transformando o trabalhador em máquina. Ford foi o principal responsável pela introdução da produção em massa e da administração científica (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

Entre 1920 e 1960, compreendendo o período entre guerras, surgiu uma nova necessidade para as empresas, que foi a flexibilidade de novos produtos. Isto aumentou a complexidade e também os conflitos da mão de obra com os patrões, então as empresas tiveram que buscar novas estratégias como a automatização. E na Segunda Grande Guerra a indústria teve que atender às necessidades da demanda de material bélico de forma ágil, o que resultou na geração de conhecimento técnico e científico (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004). Com algumas limitações no mercado e com baixa demanda, no Japão, houve a necessidade de produção de volumes reduzidos e variados. Estas limitações serviram de critério para avaliar a capacidade competitiva dos fabricantes de carros japoneses em relação à Europa e Estados Unidos (OHNO, 1997).

Nas décadas de 60 a 80 a evolução industrial tem como características a menor flexibilidade, menores custos de produção e grandes investimentos de capital. Em 1950 a Toyota, no Japão, desenvolveu suas estratégias de produção através de Eiji Toyoda e Taichi Ohno, o que mais tarde veio a ser conhecido mundialmente como o Sistema Toyota de Produção (STP). Enquanto a Ford tinha como premissa a produção em massa, a Toyota preconizava a produção enxuta. Porém, vale destacar que o modelo adotado pela Ford e o modelo adotado pela Toyota têm na manufatura a origem da vantagem competitiva (PAIVA;

CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004). Em 1973, com a crise do petróleo, seguiu-se um período de recessão afetando as empresas ao redor do mundo. Neste período a economia japonesa passava por uma profunda recessão e muitas empresas passavam por dificuldades. Porém, a Toyota Motor Company conseguiu manter níveis de lucro acima de outras empresas, através de uma sólida gestão de seus processos, com uso das diversas ferramentas do STP (OHNO, 1997).

No Brasil, a manufatura passa por várias fases a partir da década de 1920. A primeira, conhecida como fase embrionária, entre 1919 e 1957, foi um período em que as empresas estrangeiras pretenderam implantar no país linhas de montagens e distribuidoras de seus produtos. Contudo, a partir de 1945, foram criadas indústrias de base como as siderúrgicas, visando substituir as importações (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

A segunda fase foi conhecida como expansão acelerada, nos anos de 1958 a 1962, caracterizada por crescimento na faixa de 58% ao ano, ou seja, foi a fase de ouro da indústria nacional. Retração de mercado, caracterizada como a terceira fase, no período de 1963 a 1978, consistiu em uma queda nas escalas de produção, por problemas políticos e de recessão. O milagre econômico, no período de 1968 a 1978, foi a quarta fase e foi marcada pelo espírito nacionalista, havendo uma expansão generalizada da economia, principalmente a indústria automobilística. O período foi de crescimento anual de 20%, mas a partir de 1978 a inflação deu sinais de que o milagre econômico não seria sustentável (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

Já a quinta fase, entre 1978 e 1990, foi denominada de década perdida, pois nos anos de 1980 houve a crise do petróleo e as taxas de crescimento foram negativas, marcadas por alta inflação em virtude de políticas governamentais equivocadas. O último período, compreendido a partir de 1990, tem como distintivo a abertura da economia nacional. Neste período muitas empresas criaram programas para redução de custos e busca por qualidade. E estes programas baseados nos princípios da Qualidade Total, concentrando os esforços no aumento da qualidade e produtividade (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

Porém, a partir da década de 80, houve uma busca pela qualidade total e eliminação de desperdícios com a difusão de técnicas de produção japonesas. Já a partir da década de 90, com a abertura da economia, a qualidade e produtividade já não eram mais suficientes para a indústria nacional manter-se competitiva. Desta forma, há a necessidade de continuar

aprimorando as ferramentas e técnicas numa visão dinâmica na solução de problemas e de sustentação de competências ao longo do tempo. (PAIVA; CARVALHO JR.; FENSTESEIFER, 2004).

A tecnologia e a técnica associadas à qualidade e produtividade, nos dias atuais, transformaram as organizações e seus processos produtivos. O principal desafio para as empresas é a mudança tecnológica associada às mudanças de comportamento do consumidor. E para que as empresas possam se manter competitivas é indispensável o aprimoramento constante dos processos utilizados para a transformação dos produtos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

A Figura 1 apresenta a tabela ilustrativa da evolução da manufatura mundial nos últimos 200 anos.

Figura 1 - Evolução da manufatura mundial nos últimos 200 anos

| ANO | FASE | FILOSOFIA BÁSICA | BASE DE COMPETIÇÃO | ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL |
|----------------|---|---|-----------------------------------|---|
| 1800-1850 | A idade do capitalismo técnico | Poder e controle | SUBSTITUIÇÃO DAS IMPORTAÇÕES | Dono próximo da operação e domínio da tecnologia Capataz cuida da produção |
| 1850-1890 | Introdução da produção em massa | Intercambiabilidade de componentes | BAIXO CUSTO | Dono preocupado com a tecnologia e investimentos Encarregado cuida da produção |
| 1890-1920 | Administração científica | "One best way" | EFICIÊNCIA | A administração toma o poder do encarregado sobre a produção |
| 1920-1960 | Os anos dourados da manufatura | Curva de aprendizado | VOLUME | Automatização da mão-de-obra direta |
| 1960-1990 | Declínio da manufatura americana | Técnicas numéricas e computacionais versus... | AUTOMAÇÃO DE BASE ELETRÔNICA | Automatização da mão-de-obra Indireta |
| | Entrada dos novos competidores no cenário internacional | ...os modelos simplificados e descentralizados | QUALIDADE E VARIEDADE | Descentralização das decisões |
| 1990 em diante | Manufatura como arma competitiva | Um tipo de produção para cada estratégia de negócio | QUALIDADE, VARIEDADE E VELOCIDADE | Fábrica focalizada Trabalhos em equipes Lançamento de novos produtos Customização em massa |

Fonte: Adaptado de SKINNER, W. *The Taming of Lions: How Manufacturing Leadership Evolved, 1780-1984*. In KIM, C. B.; HAYES, R. H., LORENZ, C. (Org.), *The Uneasy Alliance*, Cap. 2, Harvard Business School Press, Boston, EUA, 1985.

Fonte: Paiva; Carvalho Jr.; Fensteseifer, 2004.

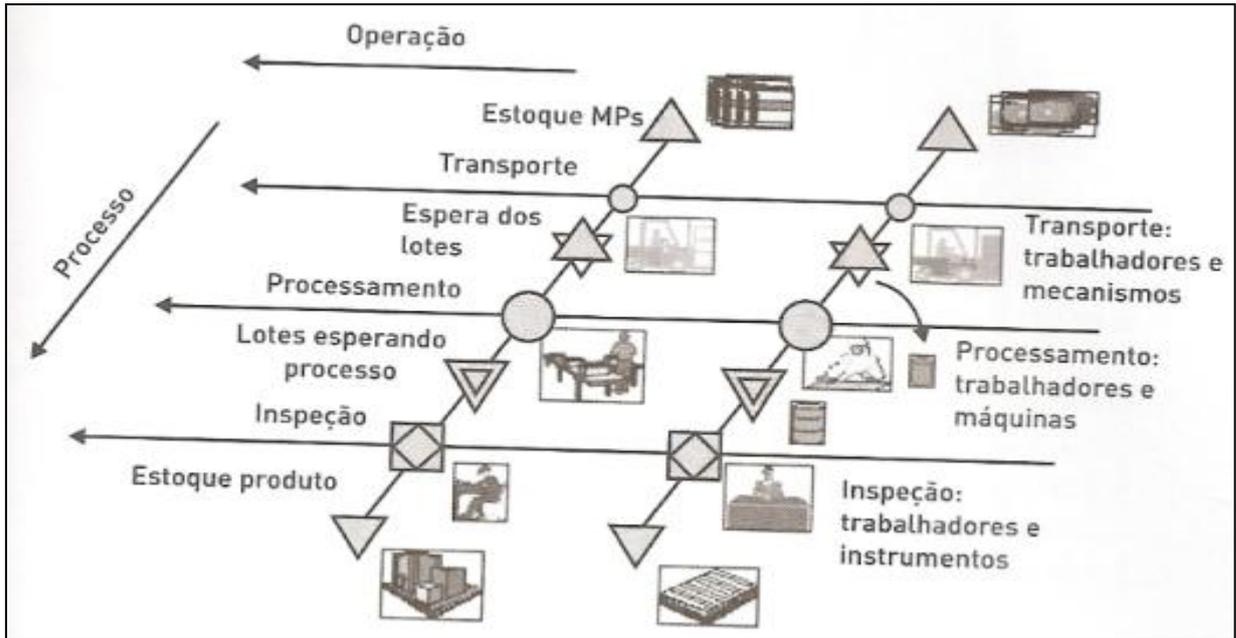
2.3 Conceitos básicos

Historicamente, a produção tem acompanhado o desenvolvimento de diversos sistemas inovadores de produção e encontrado um valioso número de conceitos na administração da produção. A administração da produção, dentro da engenharia da produção norte-americana, no início do século XX, colocou atenção e destaque na melhoria drástica das operações e processos, ou seja, na efetividade do trabalho das pessoas e na melhoria das máquinas (ANTUNES *et al.*, 2008).

2.3.1 Mecanismo da função produção

Existem duas ideias fundamentais para a análise das manifestações que ocorrem no âmbito produtivo, que são a função processo e a função operação. A função processo compreende o fluxo de materiais ou produtos, nas diversas etapas da produção, onde ocorre a transformação das matérias-primas em produtos acabados. A função operação contempla a análise das diversas etapas, em que os recursos humanos e de equipamentos encontram-se relacionados durante um dia de trabalho. Desta forma, o entendimento destas funções estabelece uma disposição do acompanhamento dos fluxos de materiais, de pessoas e equipamentos, todos no tempo e no espaço, ou seja, esta estrutura é entendida como uma rede entre processos e operações (ANTUNES *et al.*, 2008). A Figura 2 demonstra a estrutura da produção do ponto de vista do Mecanismo da função produção.

Figura 2 – Estrutura da produção



Fonte: Shingo, 1996.

Através da Figura 2 é possível observar que a produção funciona como uma rede de processos e operações através de eixos que se interceptam ortogonalmente. Isto quer dizer que o mecanismo da função produção permite direcionar os esforços ao eixo dos processos, verticalmente, pois é neste que se concentram as atividades que geram valor ao que será produzido. É o fluxo de matérias-primas que são processadas, de acordo com os métodos, espaço e tempo, até que se transformem em produtos acabados. As operações traçam os fluxos por onde os agentes da produção utilizam métodos, espaço e tempo para criar os produtos, mostrados no eixo horizontal. Nos interceptos dos eixos ocorrem os encontros dos fluxos de processos e operações onde os objetos da produção e seus agentes encontram-se juntos num determinado espaço e tempo. Nos pontos onde não é verificada a intersecção dos eixos ocorrem as esperas para os processos subsequentes ou a preparação para que o processamento ocorra. No processo ocorre a análise do fluxo de material ou produto e na operação ocorre a análise do trabalho realizado sobre os produtos por meio dos trabalhadores e máquinas. No item 2.3.2 são explicados os elementos do processo, sob o ponto de vista de dois autores.

2.3.2 O mecanismo da função produção – análise da função processo

Conforme Antunes *et al.* (2008), todos os elementos que fazem parte da função processo podem ser analisados do ponto de vista de quatro categorias, relacionadas a seguir:

1. Processamento ou fabricação: são as transformações do objeto de trabalho, como materiais e serviços, no tempo e no espaço. Como ilustração é possível citar a usinagem, montagens, pintura, entre outros.

2. Inspeção: é a comparação com um padrão previamente definido.

3. Transporte: é a movimentação de materiais, ou seja, mudança na posição dos mesmos, interno ao processo.

4. Estocagem ou espera: consiste dos períodos de tempo nos quais não ocorre nenhuma forma de processamento, inspeção, transporte ou outros fatores em processos associados àquele em estudo.

O processo de estocagem ou espera ainda é dividido em quatro subcategorias, que são as esperas entre processos, as esperas em função do tamanho dos lotes, o armazenamento de matérias-primas e a armazenagem de produtos acabados.

Na visão de Shingo (1996), são cinco as categorias que constituem a função processo, que são o processamento e fabricação, inspeção, transporte, espera do processo e espera do lote. A espera do processo é caracterizada pelo período em que um lote inteiro permanece esperando enquanto o lote precedente é processado e a espera do lote é entendida como o período durante as operações de um lote em que, enquanto uma peça é processada as outras já estão esperando.

2.3.3 O mecanismo da função produção – análise da função operação

Segundo Shingo (1996), as operações podem variar bastante, mas podem ser classificadas em três categorias, que estão descritas na sequência.

1. Operações de *setup*: preparação antes e depois das operações, como ajustes de ferramentas.
2. Operações principais: são as ações que executam a operação principal.
3. Folgas marginais: são folgas ligadas indiretamente com a operação e as folgas relacionadas às necessidades do operador.

Em contraposição, Antunes *et al.* (2008) entendem que estas folgas marginais sejam desmembradas em folgas não ligadas ao pessoal e folgas ligadas ao pessoal, dividindo as operações em quatro categorias. As folgas não ligadas ao pessoal correspondem aos tempos onde os operadores não realizam as atividades de produção e as causas destas folgas estão em operações não previstas, onde os motivos fundamentais não estão ligados diretamente à ação das pessoas. As folgas ligadas ao pessoal são caracterizadas por trabalhos irregulares que têm relação direta com as ações das pessoas.

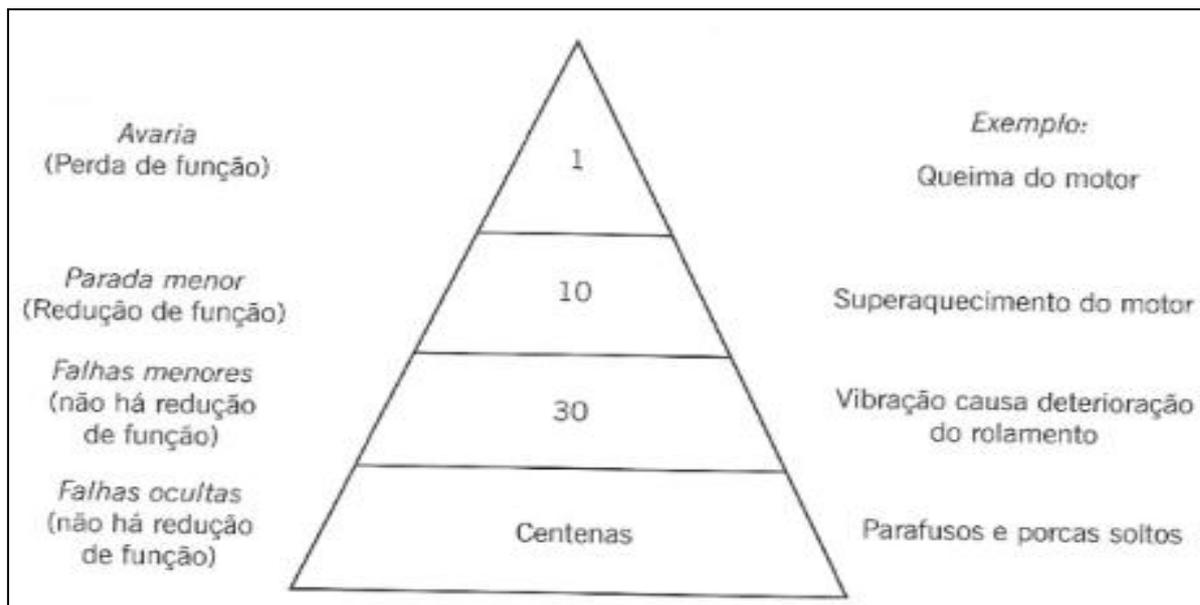
2.3.4 Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total (MPT) surgiu no Japão nos anos 70 e seus conceitos são fundamentais para a estabilidade e eficácia das máquinas. A MPT designa atividades de manutenção básica como inspeção, lubrificação e ajustes aos operadores da produção. Desta forma, a equipe de manutenção tem condições de dedicar seu tempo para tarefas mais complexas como realização das manutenções preventivas e melhorias nos equipamentos, bem como desempenhar outras atividades de alto valor (DENNIS, 2008).

Partindo desta premissa, Antunes *et al.* (2008) também entendem a MPT como uma maneira de reduzir os custos totais de manutenção, afirmando o ponto de vista de Dennis (2008), em que muitas tarefas de manutenção podem ser realizadas pelos operadores de máquinas, deixando a equipe de manutenção mais focada em atividades mais especializadas e complexas. Dennis (2008) ainda cita que a MPT é uma mudança profunda de mentalidade, onde a meta de quebras é zero, fazendo uma analogia às metas de segurança onde a premissa é o zero acidente.

A Figura 3 ilustra as perdas de máquina, seguindo as premissas de segurança, de modo que as pequenas falhas levam a uma avaria de maior severidade.

Figura 3 – A pirâmide de perda de máquina



Fonte: Dennis, 2008.

A Figura 3 revela que os incidentes pertinentes às avarias (perda de função) são somente a evidência da existência de um conjunto de outras diversas falhas. As paradas menores compreendem falhas que geram a redução de função, sendo potencialmente o sintoma imediato de uma perda maior. As falhas menores representam uma condição que não causa a perda de função, como por exemplo, temperatura e pressão fora de parâmetros, vibração, entre outros, mas que provoca um desgaste em certos componentes. As falhas ocultas são aquelas de detecção mais difícil e que geralmente não têm o devido tratamento, mas que não causam nenhuma perda de função. Para haver prevenção nas avarias é imprescindível a prevenção destas falhas menores ou ocultas.

A quebra zero também pode ser entendida no conceito de que a quebra é a falha visível e esta é causada por uma coleção de falhas invisíveis, compostas por folgas, sujeiras, desgastes, vazamentos, corrosão, ruídos, entre outros, como um *iceberg* (EVOLUÇÃO CONSULTORIA, 2012). A Figura 4 representa esta afirmação.

Figura 4 – Quebra – falha visível



Fonte: Evolução consultoria, 2012.

A MPT está baseada em medidas centrais, as quais estão ligadas à eficiência das máquinas. Estas medidas são a disponibilidade dos equipamentos, a eficiência de desempenho das máquinas e a eficácia geral de equipamento, conhecida como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) (DENNIS, 2008).

A disponibilidade dos equipamentos indica os eventos que causam paradas na linha, geralmente relacionados às quebras, tempos de *setup*, falta de materiais, entre outros. É o resultado do tempo real de operação *versus* tempo programado de operação. A eficiência de desempenho das máquinas é o tempo da linha em produção, sem interrupções, ou seja, é a porcentagem da capacidade real de produção em relação à capacidade nominal à qual o equipamento foi projetado (HANSEN, 2006).

A OEE corresponde à eficácia do processo no tempo programado para o equipamento produzir. É um método de medição do desempenho de uma instalação industrial, sendo uma medida de gestão da produtividade visando identificar oportunidades para buscar a máxima eficácia possível. A OEE é obtida pelo produto da disponibilidade *versus* o índice de velocidade *versus* o índice de qualidade. O índice de velocidade é encontrado multiplicando o índice de velocidade real pelo índice de velocidade teórica. O índice de qualidade é o

resultado dos produtos bons multiplicado pelo total de produtos fabricados. Assim, o resultado da OEE é expresso em porcentagem (HANSEN, 2006).

2.3.5 Perdas nos sistemas produtivos

De modo histórico, os conceitos de perdas são originários nas ideias desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Ford, no começo do século XX. Taylor ligava sua visão de perdas aos problemas da eficiência industrial nos EUA, em 1992. No início do século XX, nos EUA, Taylor afirmava que as indústrias entendiam que as perdas estavam associadas a evitar o desperdício dos materiais. Porém, em concordância com o presidente Theodore Roosevelt, ele entendia que para buscar a eficiência econômica nacional americana era preciso entender e estudar as causas essenciais das perdas associadas aos materiais. Desta maneira, Taylor entende que, para a resolução dos problemas, é necessário o desenvolvimento de sistemas de gestão científicos e treinamento de pessoas para aplicação de métodos para a busca da eficiência. No entanto, Ford associava as perdas ao fator de trabalho humano, visto a ampla existência de recursos naturais disponíveis. Ou seja, no entendimento de Ford, o conceito de perdas estava centrado na observação de que o desperdício de materiais era uma consequência da incorreta utilização dos mesmos pelas pessoas nos processos produtivos, devido à deficiência na análise dos processos de fabricação, que geravam as perdas (ANTUNES *et al.*, 2008).

Segundo Corrêa e Gianesi (1996), a eliminação de desperdícios é entendida no sentido de identificar e analisar todas as atividades executadas na empresa e eliminar todas as que não agregam valor aos processos e operações.

As perdas são compostas por atividades que geram custo e não incrementam nenhum valor ao produto. Podem ser refugos, retrabalhos, transportes e movimentações desnecessárias, esperas em geral, como espera de equipamentos ligados aguardando matéria-prima, tempos prolongados de *setup*, trabalhadores ociosos ou trabalhos realizados que não agregam valor, entre outros. Desta forma, a ideia das perdas está vinculada na necessidade de redução sistemática dos custos dos processos produtivos, ou seja, os custos são uma consequência das perdas (ANTUNES *et al.*, 2008).

Na mesma linha de pensamento, Shingo (1996 p. 109) também cita que “a única maneira de aumentar os lucros dá-se por meio da redução dos custos. Para reduzir os custos, o único método é a eliminação total da perda”. Ainda complementa que esta eliminação da perda é a base principal sobre a qual todos os demais conhecimentos fundamentais se desenvolvem e que para a melhoria da eficiência e produtividade é preciso que o processo não gere perdas.

Conforme Ohno (1997) e Shingo (1996), as perdas são identificadas em sete tipos, as quais seguem:

- Perdas por superprodução (quantitativa e por antecipação);
- Perdas por transporte;
- Perdas no processamento em si;
- Perdas devido à fabricação de produtos defeituosos;
- Perdas nos estoques;
- Perdas no movimento;
- Perdas por espera.

As cinco primeiras perdas estão relacionadas à função processo e as outras duas relacionadas à função operação, funções estas já exploradas anteriormente nas seções 2.3.2 e 2.3.3, respectivamente.

a) Perdas por superprodução

Estas perdas são entendidas sob dois pontos de vista. A primeira no sentido da produção por quantidade em excesso e a segunda no sentido de produzir antecipadamente em relação às necessidades subsequentes da produção e do consumo. As perdas por superprodução costumam esconder outras perdas no processo, pois a superprodução visa buscar um estoque seguro no caso de outros inconvenientes no processo, que podem causar paradas de produção (SHINGO, 1996). Na filosofia *just in time*, conforme abordado por Corrêa e Gianesi (1996), a premissa é produzir somente a quantidade necessária para aquele momento através da otimização dos tempos de preparação dos equipamentos, da sincronização da produção com a demanda, da qualidade e confiabilidade dos equipamentos, entre outros fatores.

b) Perdas por movimentação interna de carga

As perdas por transporte estão diretamente relacionadas às atividades de movimentação de materiais que originam custos e não aumentam o valor agregado. Problemas de layout e disposição de equipamentos dificultam os fluxos produtivos ideais, sendo os maiores vilões para este tipo de perda. Uma das formas de evitar estas perdas é promover melhorias de layout ou melhorias no sentido de mecanizar e automatizar dos trabalhos de movimentação de difícil resolução em curto e médio prazo (ANTUNES *et al.*, 2008). Corrêa e Gianesi (1996) escrevem que a economia dos movimentos aumenta a produtividade, reduzindo os tempos decorrentes do processo de produção, devendo-se levar em consideração o aprimoramento dos movimentos afim de evitar a manutenção dos desperdícios em caso de automatização.

c) Perdas no processamento e si

São constituídas nas atividades produtivas desnecessárias para que o produto final desejado obtenha suas características básicas requeridas. Para se identificar estes tipos de perdas é fundamental analisar que tipo de produto específico deve ser produzido e questionar os métodos que devem ser adotados para se produzir o produto (ANTUNES *et al.*, 2008). E, segundo os autores Corrêa e Gianesi (1996), os gerentes devem se preocupar não somente nos meios de como realizar uma atividade de forma mais rápida sem antes interrogar se aquela atividade realmente necessita ser executada.

d) Perdas por fabricação de produtos defeituosos

Consistem na fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendem aos requisitos de qualidade requeridos, ou seja, são produtos não conforme. Uma maneira de reduzir estas perdas é a inspeção para evitar defeitos e também a instalação de dispositivos de inspeção no processo podem evitar a produção de produtos defeituosos (SHINGO, 1996). Segundo Ghinato (1996), a geração de produtos defeituosos pode afetar o preço de venda, comprometer a programação dos volumes a serem entregues, afetar o prazo de entrega e prejudicar a qualidade exigida.

e) Perda por estoque

Indica a existência desnecessária de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produtos acabados, gerando aumento de custos. A causa raiz da existência de estoques é a falta de sincronia entre o prazo de entrega dos pedidos e o período de produção

(ANTUNES *et al.*, 2008). Shingo (1996) e Ohno (1997) citam que muitas pessoas consideram o excesso de estoque aceitável, pois permitem atender pedidos inesperados. Do ponto de vista do STP estoques não são aceitáveis, havendo uma procura exaustiva pela sua eliminação sem prejudicar o atendimento destes pedidos não programados. Para combater as perdas por estoque é preciso estabelecer uma política de melhorias contínuas que busquem equalizar a capacidade em relação à demanda, com objetivo de organizar o sistema produtivo para atendimento imediato à variação da demanda dos clientes.

f) Perdas por movimento

As perdas por movimento estão relacionadas diretamente a movimentos desnecessários dos trabalhadores durante a execução de suas tarefas. Geralmente estas perdas não são identificadas pela falta de procedimentos padronizados de operação (SHINGO, 1996). Já Antunes *et al.* (2008) associam as perdas por movimento a partir dos estudos e teorias de Gilbreth, no sentido da obtenção de economia de tempo numa análise minuciosa das relações existentes entre o movimento humano e a postura de trabalho. O objetivo principal a ser alcançado para a minimização das perdas no movimento resume-se no estabelecimento contínuo de padrões operacionais padronizados, para a execução eficaz das operações.

g) Perdas por espera

Estas perdas estão associadas aos períodos de tempo onde os trabalhadores ou as máquinas não estão sendo usados produtivamente, ainda que os custos horários estejam sendo gastos (ANTUNES *et al.*, 2008). Estas perdas estão diretamente relacionadas com a sincronização e com o nivelamento do fluxo de produção, acarretando uma espera por parte dos trabalhadores e, por consequência, baixa taxa de utilização das máquinas (SHINGO, 1996). Antunes *et al.* (2008) destacam que algumas causas contribuem de forma decisiva para as perdas por espera, como altos tempos de *setup*, quebras inesperadas de equipamentos e atrasos na entrega de matérias-primas.

A eliminação das perdas e desperdícios precisa ser o principal objetivo numa empresa, pois estes proporcionam aumento de custos para as empresas. A partir daí é possível atingir melhores níveis de eficiência e produtividade, fatores essenciais para a sobrevivência das organizações (ANTUNES *et al.*, 2008). Ohno (1997) pressupõe que a eliminação do desperdício ainda gera maior disponibilidade dos equipamentos, o que aumenta os níveis de produtividade. Assim, Shingo (1996) menciona que sob o ponto de vista de Sistema Toyota

de Produção, não é necessário melhorar as taxas de operação das máquinas e sim que as máquinas estejam preparadas para operação quando necessário. Esta ilustração confirma a visão de Ohno sobre o aumento da disponibilidade dos equipamentos para produção.

2.4 Metodologias da qualidade para melhorias de eficiência

A melhoria de eficiência dos equipamentos em uma indústria passa por uma análise prévia da situação atual do nível de desempenho antes de implementar mudanças no sistema existente. As análises de eficiência das máquinas devem estar voltadas com os aspectos financeiros decorrentes das ações propostas para melhorias. Há diversas ferramentas e métodos disponíveis para a gestão das melhorias de produtividade e eficiência (DENNIS, 2008). O autor ainda defende que uma fábrica possui muitas áreas funcionais e setores diferentes entre si, porém todas as áreas são ligadas umas às outras e devem contribuir para o crescimento da empresa. Também cita que as fábricas fracassam internamente em um ambiente altamente corretivo, onde a cooperação, comunicação e o controle são provocados nas alterações e mudanças nos processos e operações. Porém, não há uma sistemática de planejamento e gestão na rotina para reunião e análise de dados, documentação e validação de informações, tampouco implementação de sugestões e recomendações.

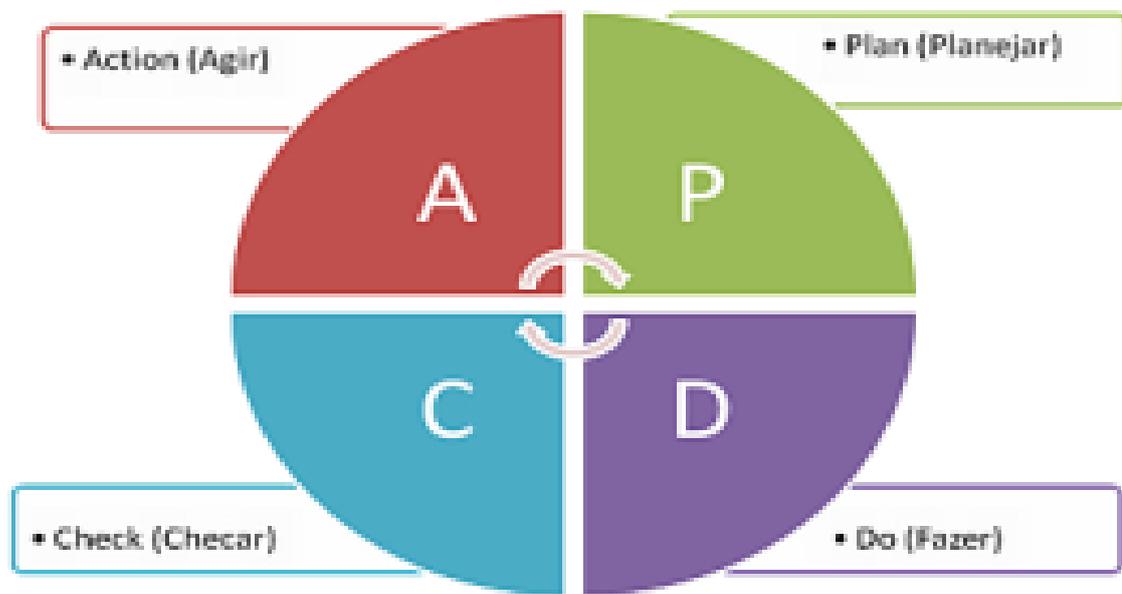
Para Arioli (1998), a falta de método é o fator principal do baixo nível de efetividade na resolução de problemas dentro das organizações. Aponta a falta de disciplina em virtude da urgência que vigora nas empresas e a ausência de aplicação prática de técnicas e métodos aprendidos em treinamentos e em aula. O aumento da eficiência é fundamental para as organizações se manterem competitivas e as pessoas precisam desenvolver a capacidade de decisão e ação rápida e a capacidade de desenvolver soluções criativas para o trabalho em equipe, pois este é primordial para alcançar os resultados esperados.

A seguir serão abordados alguns conceitos do PDCA, a metodologia para análise e solução de problemas (MASP) e ferramentas da qualidade para busca de eficiência em linhas de produção.

2.4.1 PDCA

O PDCA é um método utilizado para o gerenciamento do processo de melhoria contínua, possuindo quatro etapas fundamentais. A Figura 5 ilustra o ciclo.

Figura 5 - Ciclo PDCA



Fonte: Ballestero-Alvarez, 2010.

O P, de *Plan*, significa planejar e tem como finalidade estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados conforme os requisitos pré-determinados, sendo a análise do processo a fase inicial do planejamento. Algumas atividades podem ser realizadas para uma análise com resultados positivos, como levantamento e análise de dados, elaboração de análise de causa e efeito, estabelecimento de objetivos e confecção de procedimentos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

O D, de *Do*, quer dizer fazer/executar e nesta etapa ocorre a implementação das ações necessárias. Nesta fase os procedimentos são colocados em prática e o treinamento é indispensável para habilitar as pessoas a executarem as atividades com eficácia (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

O C, de *Check*, significa checar/verificar, é a fase de monitorar e medir os processos e produtos em relação aos objetivos estabelecidos e expor os resultados. Neste momento é que

ocorre a verificação se os procedimentos foram entendidos de forma clara e se estão sendo aplicados corretamente. Uma maneira de atestar a eficácia do sistema é realizar um sistema de auditorias internas (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

O A, de *Act*, significa agir, é a fase de execução das ações para buscar a melhoria contínua dos processos. Caso durante a checagem ou verificação for elucidado alguma anormalidade, faz-se necessária uma ação corretiva para atuar nas causas das não conformidades, adotando contramedidas para evitar a recorrência da falha (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

O PDCA é um ciclo, portanto deve rodar continuamente, de modo dinâmico, onde todas as fases devem acontecer. Segundo Slack (2009), a natureza repetida e cíclica da melhoria contínua pode ser sintetizada no ciclo PDCA, entendido como uma sequência de atividades que são percorridas ciclicamente para melhorar atividades. Em suma, o ciclo PDCA pode ser entendido como um processo, ou seja, literalmente nunca para.

2.4.2 MASP

No âmbito da gestão da qualidade, uma das metodologias usadas para auxiliar na identificação de problemas é o método de análise e solução de problemas. Este método tem como alvo a identificação dos problemas com elaboração de ações de correção e prevenção de modo a eliminar ou minimizar os problemas identificados. É um processo de melhoria constituído de oito etapas, planejando o trabalho que será realizado e apresentando respostas que auxiliam na priorização de problemas (CAMPOS, 1999). O MASP também pode ser visto como uma versão mais completa do PDCA, melhorada pelo acréscimo de uma fase de diagnóstico da situação antes do planejamento da ação e uma ação preventiva de novos problemas após a correção (ARIOLI, 1998).

A Figura 6 resume de forma objetiva as oito etapas do MASP, dentro do ciclo PDCA.

Figura 6– Etapas do MASP

| PDCA | FLUXOGRAMA | FASE | OBJETIVO |
|----------|------------|---------------------------|---|
| P | 1 | Identificação do problema | Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância. |
| | 2 | Observação | Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista. |
| | 3 | Análise | Descobrir as causas fundamentais. |
| | 4 | Plano de ação | Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais. |
| D | 5 | Ação | Bloquear as causas fundamentais. |
| C | 6 | Verificação | Verificar se o bloqueio foi efetivo. |
| | ? | O bloqueio foi efetivo? | |
| A | 7 | Padronização | Prevenir contra o reaparecimento do problema. |
| | 8 | Conclusão | Recaptular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro. |

Fonte: Campos, 2004.

2.4.3 Formação de grupos de trabalho

Numa fábrica é fundamental que as pessoas trabalhem juntas, pois o trabalho em equipe é fator decisivo no sucesso de uma organização (KARDEC; SEIXAS, 2008). É um método participativo, caracterizado pela reunião de pessoas em busca de objetivos comuns. Os grupos possuem uma sequência lógica: nascem, crescem e se desenvolvem. Ao atingir os objetivos propostos morrem, ou seja, o grupo se dissolve e só volta novamente quando novo desafio surgir, não sendo necessariamente os mesmos integrantes (BANOV, 2008).

A partir dos trabalhos em grupos, torna-se possível a interação para o atingimento de metas com o estímulo orientado a desenvolver ferramentas e técnicas na solução de problemas que possam vir a ocorrer. O *brainstorming* é uma das técnicas, a qual será abordada na seção 2.4.6, bem simples de ser executada e estimulada nos trabalhos em grupo. Para a resolução de problemas e busca de melhorias nos mais diversos estágios da produção é imprescindível o

trabalho em equipe, através de grupos de trabalho para ação direta em determinada necessidade (CORRÊA; GIANESI, 1996).

Algumas características do trabalho em grupo podem ser destacadas. A distribuição das tarefas, mas sempre destinadas ao atingimento de um objetivo comum. Favorece a comunicação e a participação bem como a cooperação entre os integrantes. A multidisciplinaridade, ou seja, diferentes funções dentro do grupo propiciam a identificação e execução dos melhores métodos e práticas de trabalho para as situações propostas. Para utilizar a mão de obra de forma mais eficiente e atingir os objetivos, a Toyota adotou a organização do trabalho em grupos (OHNO, 1997).

2.4.4 Indicadores de desempenho

Para medir e avaliar a eficácia dos processos e os resultados obtidos com a aplicação de ferramentas de gestão da qualidade é importante a definição de indicadores. Estes devem ser quantificáveis a partir dos itens de controle determinados, podendo ser usados para rodar o ciclo PDCA. Também é fundamental que sejam desenvolvidos de forma criteriosa para gerarem informações úteis para análise do processo. Os indicadores têm como principais características a adaptabilidade, representatividade, simplicidade, rastreabilidade, disponibilidade, economia e praticidade. Devem possuir metas, para possibilitar a geração dos efeitos desejados e mensurar os reflexos das ações executadas (LUSTOSA, *et al.* 2008).

Os indicadores fornecem o auxílio necessário para a implementação de melhores práticas, visando o melhor desempenho e a melhoria de todos os resultados. Devem retratar a realidade dos fatos para que as decisões sejam assertivas e os problemas sanados no sentido de atingir resultados satisfatórios. A atribuição principal dos indicadores de desempenho é revelar oportunidades de melhoria nos processos das empresas. Por meio de indicadores é possível realizar um acompanhamento, ao longo do tempo, de dados e informações inerentes aos controles pretendidos, permitindo a elaboração de planos de ação a serem executados nos processos e operações para alcançar os resultados desejados. Também servem para medir se o resultado do plano de ação está adequado com as metas propostas e no prazo determinado (KARDEC; SEIXAS, 2008).

2.4.5 Diagrama de Pareto

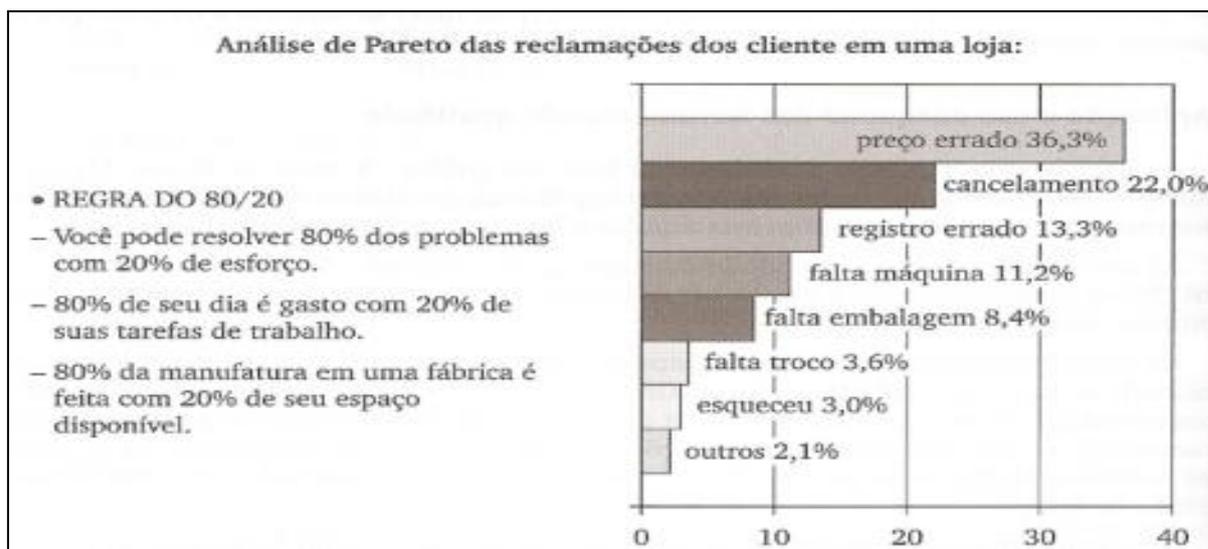
Conforme escrito por Arioli (1998), a nomenclatura do Diagrama de Pareto é oriunda de Vilfredo Pareto (1848-1923), que estudou a distribuição da riqueza dentro da sociedade. E neste estudo concluiu que 20% da população era detentora de 80% da riqueza social. É um critério para solução de problemas, aplicado a priorizar os problemas a serem resolvidos e a distribuição de pesos aos dados a serem analisados.

A finalidade do Diagrama de Pareto é ordenar de forma decrescente as frequências das ocorrências, permitindo a priorização dos problemas. O principal objetivo é identificar os problemas de maior importância, separá-los dos de menor importância, possibilitando o maior aprofundamento e maior esforço sobre eles para a busca de melhorias. É também conhecido como diagrama ABC, regra 80/20 ou 70/30 (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

A análise de Pareto está fundamentada no fato de que poucas causas são responsáveis pela maioria dos defeitos. Pode ser entendido como 20% dos eventos sendo responsáveis por 80% das falhas, ou vice versa (SLACK, 2009). Deve ser construído a partir de uma folha de dados, sendo um gráfico de barras que mostra a frequência de dados e ordena as informações de maneira a poder determinar as prioridades para o processo de análises e melhorias (HANSEN, 2008).

Através destas colocações, fica mais fácil definir quais serão os problemas a serem resolvidos prioritariamente. A Figura 7 demonstra um exemplo de análise pelo modelo de Pareto.

Figura 7 – Exemplo de um gráfico de Pareto



Fonte: Ballester-Alvarez, 2010.

2.4.6 Brainstorming

É uma técnica conhecida como tempestade de ideias, foi criado por Alex Osborn, um publicitário americano em 1939. Tem grande capacidade de difundir a sinergia dentro de grupos de trabalho e, para ter o efeito desejado, as pessoas precisam estar fora dos problemas do ambiente organizacional. A preferência é por um local bem amplo, arejado, bem iluminado e com vista para jardins ou paisagens naturais e panorâmicas (CAMPOS, 1992).

É um método de levantamento de hipóteses, de livre sugestão, isento de restrições e críticas. Nesta metodologia é incentivado o lançamento de pensamentos e suposições num ambiente informal, de modo que os integrantes do grupo se sintam bem à vontade para expor seus pontos de vista de forma criativa, visando obter o máximo de proposições sem haver preocupação com a qualidade destas. Mesmo deliberações sem nexos devem ser apontadas, pois uma ideia exposta pode levar a alternativas aplicáveis (ARIOLI, 1998).

Para que o *brainstorming* seja eficiente é necessário seguir alguns passos, mas não há regras pré-determinadas. É necessário que se tenha um líder para conduzir à dinâmica. A primeira etapa é a definição do tema. O tempo de duração da reunião deve ser relativamente rápido, de no máximo uma hora, para não começar a fugir ao foco. Preferencialmente deve-se reunir uma equipe qualificada, criativa e motivada para que o tempo proposto seja bem aproveitado e produtivo. Outro ponto importante é não ignorar possíveis erros ou ideias

supostamente parvas. Por final, as listas devem ser trocadas entre os integrantes do grupo para discussão e seleção das melhores anotações, para então definir os próximos passos e aplicação de outras técnicas de solução de problemas (STURARI, 2010).

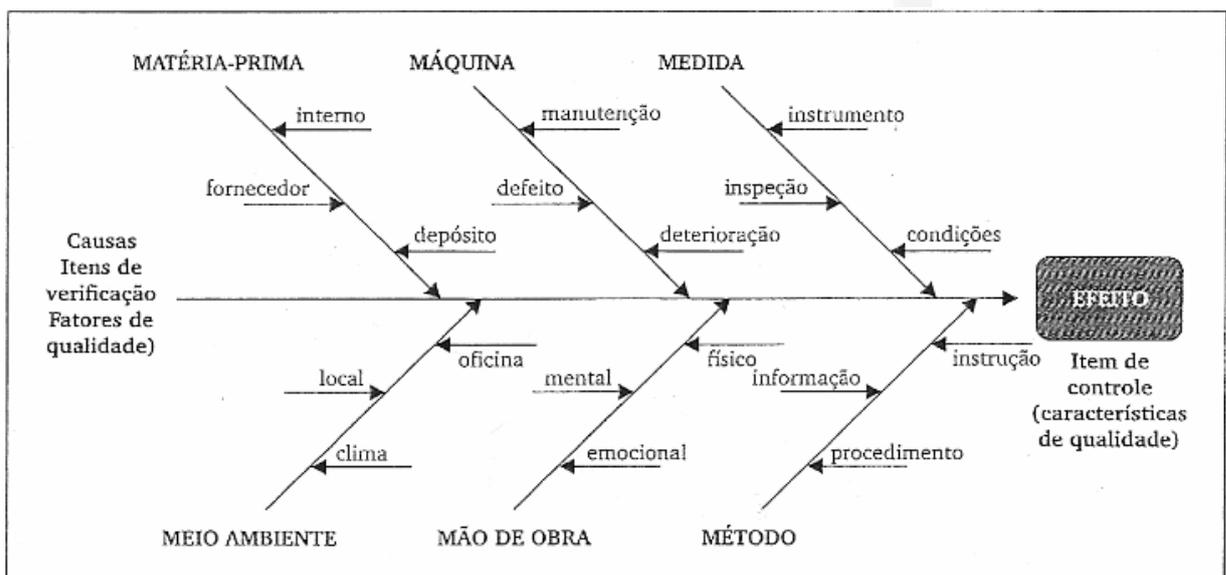
2.4.7 Diagrama de causa e efeito

Também conhecido como espinha de peixe ou diagrama de *Ishikawa*, o diagrama é usado para mostrar a relação entre causas e efeitos de um determinado problema a ser investigado. Neste diagrama são investigados os aspectos método, matéria-prima, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente. Devido a estes fatores, também é conhecido por 6M. Este método permite estruturar ordenadamente as causas de um problema, seus efeitos sobre processos e a qualidade dos produtos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Na visão de Arioli (1998 p. 255) “o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta auxiliar do *braistorming*”. E ainda, Campos (1992) entende que sempre que algo ocorre, existe um conjunto de causas que podem ter influenciado.

A Figura 8 apresenta um exemplo de causa e efeito, para melhor entendimento da ferramenta.

Figura 8 – Exemplo de diagrama de causa-efeito



Fonte: Ballestero-Alvarez, 2010.

Também conhecido como espinha de peixe, devido ao formato, conforme apresentado no exemplo da Figura 8, geralmente é elaborado a partir de um *brainstorming*. No M de método são detalhados os aspectos e informações relacionadas ao sistema de trabalho, os procedimentos, técnicas e rotinas utilizadas. No M de medida é destacado como é medido o processo e seu formato, como calibrações e aferições dos instrumentos de medição. No M de mão de obra ocorrem as especificações relacionadas ao comportamento das pessoas envolvidas no processo. No M de máquina são relacionados os aspectos das máquinas envolvidas. No M do meio ambiente são especificadas as características físicas do ambiente de trabalho, como temperatura, ruído e iluminação. E no M de matéria-prima são abordadas as características dos insumos que compõem o processo. O efeito contém o indicador de qualidade ou o problema para o estudo.

2.4.8 Método dos cinco porquês

Esta ferramenta tem por objetivo ajudar a descobrir a causa raiz de um problema para auxiliar no desenvolvimento de ações corretivas para solucionar o problema. Para o STP esta metodologia tem sido a base científica para sua evolução, pois perguntando cinco vezes por que, dando uma resposta a cada interrogação, é possível encontrar a causa real do problema que, por muitas vezes, está oculto por sintomas óbvios (OHNO, 1997).

A análise por que se inicia com a determinação de um problema e segue com a pergunta por que o problema ocorreu. Para esta nova resposta, ou causa, novamente é perguntado por que e assim sucessivamente, até que a causa fundamental seja definitivamente encontrada, esgotando-se todas as hipóteses (SLACK, 2009).

Esta técnica não pode ser considerada substituta de uma análise mais profunda do problema, ou seja, é uma ferramenta simples para problemas menos complicados. A análise dos cinco porquês faz com que cada causa seja analisada em vários níveis até chegar à causa fundamental do problema em questão (CANDIDIO, 2009).

2.4.9 Técnica 5W2H

Consiste de um *check list* fácil e prático com atividades a serem executadas para qualquer situação desejada. É um mapeamento de atividades no qual são estabelecidas as informações mais importantes e significativas sobre qualquer projeto, processo ou atividade (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Para cada meta ou atividade a ser executada ocorre o estabelecimento das ações a serem realizadas bem como o planejamento destas ações através do estabelecimento de prazos, nomeação de responsáveis e a forma como as ações serão desenvolvidas, na forma de um cronograma (CANDIDIO, 2009).

É considerada uma ferramenta básica da qualidade para elaboração de plano de ação englobando os envolvidos na solução de um determinado problema, levando em consideração as iniciais, em inglês, das sete palavras que dão origem ao 5W2H:

- *What?* O quê?
- *Who?* Quem?
- *Where?* Onde?
- *When?* Quando?
- *Why?* Por quê?
- *How?* Como?
- *How Much?* Quanto custará?

É um planejamento organizado e bem simples de todas as ações essenciais para alcançar um resultado desejado. A seguir, uma breve explicação de cada letra.

What - é o objetivo que se deseja alcançar.

Who - designa quem será responsável pela execução de cada ação.

Where – destinado a detalhar o lugar onde será executada a ação, como por exemplo, o departamento responsável.

When – é a determinação de um prazo para que a ação seja executada.

Why - são os motivos que justificam o que será feito.

How – é o detalhamento de quais as formas serão utilizadas para atingir o objetivo.

How Much – é a determinação do valor financeiro necessário para realizar as ações propostas.

2.4.10 FMEA

FMEA significa *Failure Mode and Effect Analysis*, traduzindo, Análise dos Modos de Falha e Efeitos. É uma ferramenta muito eficiente cuja finalidade principal é a prevenção de problemas e implantação de ações para aumentar a confiabilidade. Possui três funções claras:

- É uma ferramenta para prognóstico de problemas.
- É um procedimento para coordenação, desenvolvimento e atualização de projetos, processos e serviços.
- É o diário do projeto, processo ou serviço, desde sua concepção.

O FMEA ainda pode ser dividido em FMEA de projeto (DFMEA – *Design Failure Modes and Effects Analysis*) e FMEA de processo (PFMEA – *Process Failure and Effects Analysis*). A finalidade destes é bem distinta, sendo o DFMEA aplicado a projetos e o PFMEA aplicado a processos. O FMEA de projeto considera as falhas potenciais que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto e o objetivo é evitar que estas falhas ocorram. O FMEA de processo contempla as falhas no planejamento e execução do processo e o objetivo é evitar as falhas do processo tendo como base as não conformidades do produto em relação às especificações do projeto (PALADY, 2004).

O autor ainda cita que em todos os FMEAs estão inclusos cinco elementos fundamentais, que são:

- 1 - Planejamento do FMEA;
- 2 - Listagens dos modos de falha, causas e efeitos;
- 3 - Priorização ou isolamento dos modos de falha mais importantes;
- 4 - Interpretação ou leitura dos resultados;

5 - Acompanhamento das ações necessárias e recomendações sugeridas.

É uma técnica que reúne ideias semelhantes ao MASP e na sua aplicação também utiliza grupo de trabalho, análise de pareto, diagrama de causa e efeito entre outros, com a finalidade de atingir a melhor eficiência nos processos. É uma forma sistemática de formar um histórico de informações sobre as falhas nos processos, proporciona maior conhecimento dos problemas, possibilita melhorias e diminuição de custos nos processos e desenvolve uma cultura de prevenção de falhas dentro da organização. Para a aplicação prática deste estudo o FMEA será usado para prognóstico de problemas e o tipo será o PFMEA, em virtude das características do tema proposto.

2.4.11 HAZOP

A metodologia HAZOP (*Hazard and Operability Studies*) é denominada de Estudo de Perigo e Operabilidade e tem por finalidade identificar perigos e prevenir problemas de operabilidade de uma instalação de processo. É uma técnica qualitativa baseada num procedimento de geração de perguntas de maneira estruturada e sistemática através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guia aplicadas a pontos críticos do processo em análise. (CARDELLA, 1999).

Coloca como foco problemas de segurança, no sentido de identificar os perigos potenciais que podem colocar em risco os funcionários e equipamentos de uma instalação, e também problemas de operabilidade que causam perdas afetando a qualidade e eficiência do processo. O HAZOP pode ser aplicado tanto em processos já existentes bem como a novos projetos, ou seja, em processos em qualquer estágio da vida de uma instalação. Esta técnica é desenvolvida por grupo multidisciplinar e necessita de especialistas experientes, além de informações precisas e detalhadas sobre o processo em estudo, com objetivo de avaliação das causas e efeitos de possíveis desvios operacionais e soluções propostas. (CARDELLA, 1999).

A metodologia é bastante semelhante à FMEA, sendo instigada por uma lista de palavras-guia que surgem através da interação do grupo de trabalho e consiste na busca estruturada das causas possíveis dos desvios nas diversas variáveis do processo em diferentes pontos, denominados nós (ALBERTON, 1996). O HAZOP requer criatividade, assim o

brainstorming é uma importante técnica auxiliar para a detecção de desvios (CARDELLA, 1999).

As principais vantagens do HAZOP são a flexibilidade e abrangência para identificação de perigos e problemas operacionais. Também é útil para os membros de um grupo de trabalho adquirir maior conhecimento das operações da unidade organizacional e gerar informações úteis para outras análises. A desvantagem desta técnica é que avalia apenas as falhas de processo, como temperatura, vazão e pressão para determinar as potenciais anormalidades, além de requerer equipe multidisciplinar experiente para implementação da metodologia (AGUIAR, 2001).

3 METODOLOGIA

Este capítulo é reservado ao desenvolvimento metodológico com a finalidade de atender aos objetivos definidos neste trabalho. A proposta é de aplicar conhecimentos e ferramentas técnicas de solução de problemas com o propósito de melhorar a eficiência produtiva de linha de produção de leite UHT em uma indústria de beneficiamento de leite, alinhada com as características de competitividade da empresa.

O trabalho é classificado como estudo de caso, caracterizado como uma metodologia investigativa e de caráter empírico para explorar uma situação real a partir das evidências dos dados atuais de produção na linha escolhida para a aplicação do estudo. É um trabalho de campo, sendo utilizada metodologia de solução de problemas para aplicação prática, apoiada na fundamentação teórica, comparando-se a situação antes e após a implantação do plano de ação. Segundo Miguel (2010), a adoção de estudo de caso deve estar ligada à literatura e atender aos objetivos propostos com a finalidade de contribuir na construção dos resultados.

Quanto à natureza da pesquisa, o trabalho é classificado como pesquisa aplicada, pois tem como objetivo a geração de conhecimentos para aplicação prática direcionada à solução de problemas reais. Já em relação à forma de abordagem do problema esta é uma pesquisa de abordagem combinada, isto é, qualitativa e quantitativa. Qualitativa em função de que os dados obtidos são descritivos e sua análise é de forma indutiva, fornecendo informações sobre as características investigadas. Está apoiada na descrição detalhada de todos os aspectos e fatores ligados às condições de operabilidade da linha de produção em estudo e às variáveis relevantes à perda de eficiência. Quantitativa, pois são mensuradas as variáveis do estudo sendo elaborados gráficos, gerados números e tabelas com os dados obtidos, além de análises e conclusões das informações produzidas.

A pesquisa qualitativa mostra aspectos subjetivos e busca percepções e entendimento sobre a natureza geral de um cenário em estudo, abrindo espaço para a interpretação e não havendo preocupação com representatividade numérica. É uma pesquisa indutiva, ou seja, o pesquisador inicia o estudo com a visão de diferentes autores e desenvolve conceitos, ideias e entendimentos a partir dos dados encontrados (ALVES-MAZZOTTI, 1999).

Para o desenvolvimento do trabalho ocorreu o levantamento real dos dados, visando a obtenção das informações e detalhes necessários à formação dos indicadores de desempenho. Além disso, a interação entre o grupo de trabalho e demais funcionários envolvidos nas operações, como os operadores, profissionais da manutenção, da supervisão, entre outros foi fundamental ao bom andamento das atividades e atingimento das metas e objetivos propostos.

O emprego de técnicas e metodologias de solução de problemas foi fundamental para atuar nas causas geradoras das perdas de eficiência da linha de produção, com o objetivo de melhorar os indicadores de desempenho. E estes motivos precisaram ser conhecidos para permitir o desenvolvimento de ações efetivas e a concentração de esforços nos pontos mais relevantes, a partir das informações obtidas nas análises realizadas durante o estudo.

O desenvolvimento do trabalho seguiu as etapas a seguir, utilizando-se dos conceitos expostos ao longo do capítulo 2. Logo após é desdobrada a explicação de como ocorreu cada etapa:

- Definição dos indicadores a serem acompanhados, que são a OEE, índice de perdas de embalagens, eficiência mecânica de máquina, MTBF e número absoluto de paradas não programadas;
- Formação de um grupo de trabalho;
- Levantamento da situação atual;
- Utilização das ferramentas de análise, como diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, método dos cinco porquês, conceitos de FMEA e técnica 5W2H, para implantação da metodologia;
- Análise dos resultados obtidos, através de comparação dos dados históricos em relação aos obtidos no final do estudo.

A primeira etapa consistiu em definir, junto ao gerente da fábrica, quais os indicadores a serem considerados como elementos de acompanhamento durante o progresso das atividades. Os indicadores foram a base de mensuração da evolução dos resultados e permitiram uma fácil visualização e análise para verificar a eficácia das ações tomadas.

A etapa de formação de um grupo de trabalho (GT) compreendeu a composição de funcionários da linha de produção, como operadores, técnicos da área de manutenção, da administração da produção, garantia da qualidade e segurança do trabalho. O grupo foi constituído por profissionais de cada área destas citadas, compreendendo um total de seis integrantes. Este GT foi responsável pelo desencadeamento das atividades, em sua metodologia, para o atingimento dos objetivos propostos neste estudo.

No levantamento da situação atual ocorreu uma descrição de como estavam os indicadores da linha escolhida para o desenvolvimento do trabalho na condição presente. Os dados foram obtidos no intervalo entre julho a dezembro de 2012, obtidos a partir do PLMS (*Packaging Line Monitoring System*) do equipamento. O PLMS é um sistema de monitoramento de linha de embalagem, ou seja, é um *software* dentro do próprio equipamento que capta todas as operações realizadas e ocorrência de eventos. Os dados ficam armazenados, sendo possível gerar diversas informações, como a perda de embalagens, eficiência da linha, tempo médio entre falhas, entre outros.

Na sequência, a utilização das ferramentas de análise entrou como o subsídio para a montagem dos próprios indicadores bem como o fornecimento da base conceitual que serviu de apoio e consulta para a utilização prática das ferramentas. Nesta etapa ocorreu todo o planejamento com as ações propostas na implantação da metodologia.

A implantação da metodologia para a melhoria da eficiência produtiva da linha de produção foi o momento onde os conceitos foram colocados em prática. Os integrantes do GT passaram a executar as tarefas planejadas, seguindo criteriosamente os passos e ações definidas. Nesta fase, primeiramente o GT se reuniu para debater e definir as ações, além de cada integrante do grupo poder conhecer o envolvimento das respectivas áreas no estudo de caso. Após, o grupo iniciou um processo de identificação de todas as anormalidades no equipamento para restabelecimento das condições básicas e originais de funcionamento do mesmo.

Na sequência, ocorreu a análise dos dados coletados no PLMS para a confecção de um gráfico de Pareto evidenciando as principais causas de paradas. Paralelamente foram desencadeadas as atividades para ajustar o equipamento nas suas condições originais. Realizada a análise dos dados, foi traçado o plano de ação, formalizando através da ferramenta 5W2H para atacar os principais modos de falha, com a finalidade de eliminar a causa raiz dos motivos das falhas e evitar a recorrência dos problemas. Para a busca da causa fundamental foram usadas as técnicas de *ishikawa*, dos cinco porquês e do *brainstorming*.

O GT realizou reuniões semanais pré-agendadas para possibilitar a avaliação dos resultados obtidos, além de atualizar o andamento das ações e definir os passos seguintes. As reuniões tiveram uma duração máxima de duas horas, com a finalidade de torná-la produtiva evitando a dispersão pelo desgaste físico e mental. No decorrer do trabalho, conforme as necessidades, o grupo efetuou diálogos específicos aos operadores e demais funcionários envolvidos no processo. A finalidade foi de alinhamento das ações e tornar de conhecimento dos demais operadores da linha de produção os objetivos de cada ação, para a obtenção dos resultados esperados.

No Capítulo 5 são abordados os resultados gerados durante o período, com uma análise crítica dos principais pontos de destaque durante a execução prática da metodologia adotada. Além disso, a comparação dos indicadores na situação inicial em relação à situação ao final do projeto, com o objetivo de avaliar a eficácia da aplicação das ferramentas para melhoria da eficiência produtiva na linha de produção.

No Capítulo 6 são descritas as conclusões obtidas e o aprendizado alcançado no desenvolvimento deste trabalho. Também é sugerida à gerência da unidade fabril a continuidade do trabalho para possibilitar a replicação horizontal nas demais linhas de produção, oportunizando melhorias incrementais e aumento dos ganhos produtivos.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, ocorre a apresentação da Organização estudada, destacada na Seção 4.1 e os dados coletados durante o estudo de caso na Seção 4.2. Na sequência é descrita a formação do GT e a aplicação das ferramentas, baseadas na abordagem desenvolvida no Capítulo 2.

4.1 Histórico da empresa em estudo

A empresa em estudo foi fundada em 1934 por descendentes de duas famílias de imigrantes italianos, Brandalise e Ponzoni, no Estado de Santa Catarina. Em 1939, a Empresa iniciou as atividades industriais com um abatedouro de suínos. Na década de 40 o frigorífico atingiu o abate de 100 suínos por dia, o que forçou a melhoria tecnológica dos equipamentos. Durante os anos 50 a Companhia direcionou-se à agropecuária e iniciou as atividades de processamento de aves. Na década de 60 a atividade industrial e agropecuária cresceu e iniciou-se um processo de automação no processamento de aves (EMPRESA, 2013).

Nos anos 70 expandiu seus mercados, sendo a pioneira na exportação de carne do frango do Brasil, iniciando com a Arábia Saudita. Nas décadas de 80 e 90 expandiu os mercados de exportação para incluir o Japão em 1985 e a Europa em 1990. Iniciou uma série de aquisições de negócios de processamento de aves e suínos, bem como investimentos em outras indústrias. Em 1981 a empresa abriu seu capital, iniciando a negociar ações na Bolsa de Valores (EMPRESA, 2013).

Na década de 90 a Empresa investiu sete milhões de dólares em tecnologia ambiental para suas unidades industriais. No início da década de 90, a Companhia enfrentou uma crise

de liquidez que resultou na venda do controle acionário pela família Brandalise, a qual detinha 80,68% das ações ordinárias e 65,54% das ações preferenciais, para oito fundos de pensão, encerrando a fase de administração familiar, dando início à profissionalização na administração da Empresa. A nova administração promoveu uma reestruturação societária, vendeu e liquidou operações comerciais não essenciais melhorando a estrutura financeira (EMPRESA, 2013).

Em 2000 a Empresa passou a ter suas ações negociadas na Bolsa de Nova Iorque, sendo a primeira empresa brasileira no segmento alimentício a ter alcançado tal *status*. Em maio de 2009, foi celebrado um Acordo de Associação com outra empresa do mesmo ramo e idêntico porte, que resultou na criação da empresa em estudo, sendo a fusão aprovada pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) em julho de 2011. A Empresa nasceu como um dos maiores *players* globais do setor alimentício, reforçando a posição do país como potência no agronegócio. Atua nos segmentos de carnes (aves, suínos e bovinos), alimentos industrializados (margarinas e massas) e lácteos, com marcas consagradas (EMPRESA, 2013).

Com faturamento líquido de R\$ 28,5 bilhões registrado em 2012, a empresa em estudo é uma das maiores exportadoras mundiais de aves e também está entre as maiores empresas globais de alimentos em valor de mercado. Responde por mais de 9% das exportações mundiais de proteína animal e é a única companhia do Brasil com rede de distribuição de produtos em todo o território nacional (EMPRESA, 2013).

As vendas externas responderam por 40,8% das receitas líquidas em 2012. A empresa exporta para mais de 140 países, opera 50 fábricas no Brasil (distribuídas em 11 Estados) e 11 no exterior (Argentina, Reino Unido e Holanda). Mantém mais de 19 escritórios comerciais no Exterior para atendimento a mais de 120 países e está entre as principais empregadoras privadas do país, com cerca de 110 mil funcionários (EMPRESA, 2013).

A unidade industrial da empresa, onde este estudo de caso foi realizado, está situada na região do Vale do Taquari, no Estado do Rio Grande do Sul. Esta unidade industrial não fazia parte da atual empresa, sendo também adquirida dentro do processo de expansão dos negócios e do planejamento estratégico.

4.1.1 Planejamento estratégico

O plano estratégico de longo prazo da empresa contempla um crescimento balanceado por expansão orgânica das operações e aquisições seletivas em regiões estratégicas como Oriente Médio, América Latina e outros emergentes, como Ásia e África (EMPRESA, 2013).

Em 2012, a empresa atingiu novos patamares de eficiência, passando a contribuir para que seja cada vez mais competitiva e sustentável. No período, os investimentos somaram R\$ 2,5 bilhões, sendo os recursos destinados ao desenvolvimento de projetos de crescimento, eficiência e suporte, com adequação de fábricas, novos centros de distribuição, redesenho de malha logística entre outros (EMPRESA, 2013).

A Companhia lançou 288 produtos em 2011, dos quais 121 no mercado externo, 43 no mercado interno, 82 na área de bovinos, 28 no segmento de lácteos e 14 em *food service*. Em 2012 foram mais 454 produtos, sendo 219 no mercado externo, 99 no mercado interno, 54 no segmento lácteos e mais 82 em *food service* (EMPRESA, 2013).

Desenvolvimento Sustentável é um dos Valores da empresa em estudo. Os pilares de sustentabilidade foram estabelecidos pela empresa para garantir a perenidade de seus negócios e sua competitividade no mercado global. Como parte de seus compromissos com a sustentabilidade, ela investe continuamente em gestão ambiental, com vistas à busca constante pela ecoeficiência por meio de estratégias para minimizar desperdícios, melhorar produção e reduzir riscos (EMPRESA, 2013).

4.1.2 Ritmo contínuo de expansão

Empresa de capital aberto, integra desde 2006 o Novo Mercado da BM&FBovespa, o que consolidou sua posição de excelência em gestão. A Empresa incorpora elevados padrões de Governança Corporativa, com direitos igualitários, mecanismos de proteção aos acionistas e absoluta observância às melhores práticas de revelação de informações e transparência na divulgação de resultados e perspectivas dos negócios (EMPRESA, 2013).

Oferecer qualidade e inovação ao consumidor, para a Empresa, implica desenvolvimento contínuo de novos produtos, melhoria sucessiva de qualidade,

implementação de novas tecnologias, controle rigoroso dos processos produtivos para a garantia da segurança alimentar (EMPRESA, 2013).

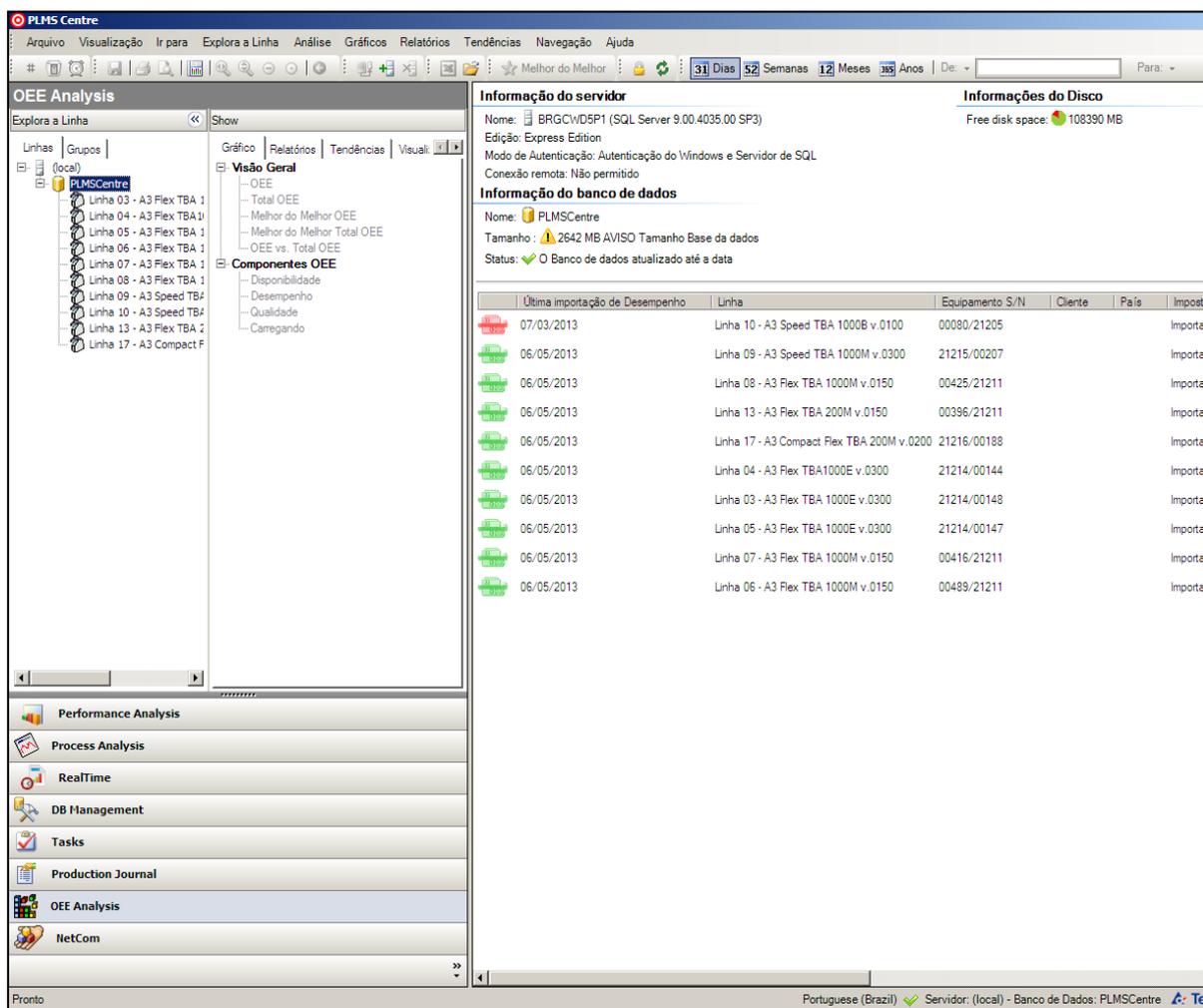
O resultado dessa dinâmica são ganhos de competitividade, que permitem à Empresa disponibilizar o melhor produto a preço justo atingindo maior número de consumidores conscientes do exercício de sua cidadania e, portanto, exigentes, vigilantes e seletivos. Seu portfólio é atualmente composto por cerca de três mil itens (EMPRESA, 2013).

4.2 Definição dos indicadores

Foram definidos cinco indicadores a serem acompanhados neste estudo. A escolha foi alinhada junto ao gerente da fábrica e o motivo é que representam o maior grau de importância em termos de custo, qualidade do produto acabado e o grau de aproveitamento do equipamento em produção. Os indicadores escolhidos e seus valores históricos estão expostos na Tabela 1, mais adiante na seção 4.4. Todos os indicadores foram gerados automaticamente a partir do PLMS da máquina e os conceitos e equações destes indicadores foram obtidos com base no manual do usuário do PLMS da Tetra Pak.

O PLMS é uma ferramenta de gestão capaz de gerar diversas informações para uso diário pelos gestores, permitindo a análise crítica acerca da eficiência operacional das linhas. Com as informações disponíveis é possível criar planos de ação para atuar nas causas de perda de eficiência do processo, com a finalidade de buscar melhores resultados, sejam de qualidade, produtividade, segurança, entre outros. A Figura 9 apresenta uma cópia da tela do PLMS, demonstrando a origem dos dados que foram coletados.

Figura 9 – Cópia da Tela do PLMS



Fonte: Empresa, 2013.

A OEE é medida simultaneamente pelos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. A disponibilidade indica durante qual parcela do tempo disponível a máquina está apta para produção. O desempenho avalia a produção atual da máquina com a produção projetada, considerando o tempo de execução e a velocidade nominal da máquina. O índice de qualidade indica a quantidade de produtos produzidos conformes. A Equação 1 representa o indicador e o valor obtido é expresso em percentual:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (1)$$

A eficiência mecânica da máquina é obtida através do desempenho de funcionamento da mesma durante o tempo de produção disponível do equipamento. A máquina envasa leite

UHT em embalagens cartonadas de um litro e sua capacidade nominal é de sete mil embalagens por hora. O indicador é expresso em percentual.

A importância deste indicador é em função de mostrar de forma objetiva a capacidade da linha em transformar o tempo disponível em produto acabado. A Equação 2 define o indicador:

$$EMM = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Tempo de Produção} + \text{Tempo de Parada de Equipamento}} \times 100 \quad (2)$$

O MTBF é importante para avaliar a intensidade que a máquina realiza paradas não programadas durante a fase de produção. Com um elevado número de paradas inesperadas ocorre uma série de fatores indesejáveis no processo. Entre os principais está a diminuição de eficiência de máquina, aumento de pontos críticos sob os aspectos de qualidade do produto, aumento da demanda dos técnicos de manutenção para manutenção corretiva, além de afetar aspectos ergonômicos e de segurança dos operadores. A unidade de medida do MTBF é horas, sendo apresentada pela Equação 3.

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Número de Paradas de Equipamento}} \quad (3)$$

A perda de embalagens é o volume de embalagens desperdiçadas durante a fase de produção. Esta perda tem grande significância no processo, pois o custo das embalagens é elevado. Como na unidade industrial são consumidas cerca de trinta milhões de embalagens por mês, qualquer perda percentual representa grandes valores financeiros. O valor é em percentual, sendo resultado da Equação 4:

$$Perdas = \frac{\text{Número de Embalagens Desperdiçadas}}{\text{Número Total de Embalagens Utilizadas Pela Máquina}} \times 100 \quad (4)$$

O número de paradas é o indicador principal, pois cada parada afeta diretamente os demais indicadores gerando certa quantidade de perda de embalagens, prejudica o resultado do MTBF e da OEE, além de ser um ponto crítico sob a ótica da qualidade microbiológica do produto. Numa parada há o risco de ocorrer uma microabertura do material de embalagem e isto pode comprometer a assepsia da máquina, ocorrendo a contaminação microbiológica. O

indicador de paradas é obtido pelo valor absoluto de paradas não programadas ocorridas durante a produção.

Durante as operações ocorrem paradas programadas no equipamento, como as limpezas, trocas de tipo de produto e manutenções preventivas. Estas não são contabilizadas para este indicador e também não prejudicam outros, como eficiência mecânica e MTBF.

4.3 Formação do grupo de trabalho

Esta etapa compreendeu a constituição de um grupo multidisciplinar formado por dois operadores da máquina, por um técnico de manutenção, um técnico de produção, um técnico da área de garantia da qualidade e por um técnico de segurança do trabalho. O objetivo foi de reunir a experiência prática e a multidisciplinaridade destes profissionais, aplicando os conceitos bibliográficos para alcançar os resultados.

O critério para definição dos componentes baseou-se na qualificação individual e na experiência profissional para estruturar um grupo de trabalho multifuncional. Com estas características objetivou-se que todos pudessem contribuir de forma sistemática com as ações propostas e elaborar uma análise crítica eficiente durante o desencadeamento das atividades.

Inicialmente, o grupo passou por uma explanação conceitual sobre o funcionamento de um grupo de trabalho pelo autor deste estudo de caso. Na sequência, foram expostos os objetivos a serem alcançados e a metodologia a ser usada. A partir de então foram definidas as primeiras ações a serem desenvolvidas pelo grupo.

Ocorreram reuniões semanais para debate dos resultados parciais obtidos, além da realização de análises de quebras de máquina para encontrar a causa raiz dos problemas e definição das ações futuras.

4.4 Levantamento da situação atual

A partir desta seção inicia-se o processo prático para alcance das propostas deste estudo de caso. A base inicial de informações acerca das condições atuais do equipamento é formada de indicadores obtidos a partir do PLMS da máquina. O ponto de partida é o histórico dos indicadores entre os meses de julho a dezembro do ano de 2012. Os indicadores que foram avaliados e trabalhados são a OEE, eficiência mecânica da máquina, o valor de MTBF, a perda de embalagens e a quantidade de paradas em seu número absoluto. Na seção 4.2 já foi dada a explicação de cada um deles e os motivos da escolha. A Tabela 1 representa de forma objetiva os resultados do período de julho a dezembro de 2012.

Tabela 1 – Indicadores de julho a dezembro de 2012

| INDICADOR | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | MÉDIA |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| OEE (%) | 60,34 | 67,33 | 63,41 | 61,25 | 59,65 | 62,13 | 62,35 |
| Eficiência mecânica máquina (%) | 82,20 | 90,63 | 88,19 | 90,22 | 93,08 | 92,41 | 89,46 |
| MTBF (horas) | 1:13 | 1:57 | 1:45 | 1:28 | 1:54 | 1:34 | 1:39 |
| Perda embalagens (%) | 1,06 | 0,86 | 0,89 | 1,02 | 0,98 | 0,96 | 0,96 |
| Número de paradas | 319 | 209 | 185 | 189 | 76 | 192 | 195 |

Fonte: Do autor, 2013.

Com as informações da Tabela 1 é possível fazer algumas análises acerca dos indicadores. O indicador de OEE entre os meses de julho a dezembro ficou numa média de 62,35%, não sendo considerado bom. Este valor indica que houve utilização de apenas 62,35% do tempo programado para produção efetiva, ou seja, há um grande potencial de melhorar o aproveitamento da capacidade de produção do equipamento. A média da eficiência mecânica da máquina está abaixo daquilo que é esperado pela empresa, que é de 90,70%. Entre julho e outubro demonstra certa oscilação e nos meses de novembro e dezembro esboça uma regularidade.

Continuando a análise da Tabela 1, os dados demonstram que o MTBF está abaixo da meta estipulada pela empresa, que é de duas horas, em todos os meses e, em consequência, na média do período. Da mesma forma, a perda de embalagens não atingiu o objetivo da empresa, que é de 0,80%, no período. Em relação ao número de paradas, há uma grande instabilidade, porém no mês de novembro revela uma quantidade de paradas bem baixa. Isto é explicado devido à menor quantidade de horas de produção, pelo fato do plano de produção neste mês ter sido muito baixo. Assim, a máquina ficou ociosa.

A Figura 10 apresenta a quantidade de horas produzidas para melhor entendimento das paradas e também do MTBF. Comparando as paradas com o MTBF é possível observar que este indicador não teve variação significativa, o que indica que o número de paradas relacionadas às horas de produção segue um valor constante, ou seja, o indicador de paradas não está satisfatório.

Figura 10 - Quantidade de horas produzidas entre julho a dezembro de 2012

| HORAS PRODUZIDAS | | | | | | |
|------------------|--------|----------|---------|----------|----------|-------|
| Julho | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Média |
| 389 | 408 | 326 | 277 | 144 | 302 | 308 |

Fonte: Do autor, 2013.

O PLMS da máquina é um *software* que armazena todas as informações da máquina, registrando todas as operações realizadas e eventos ocorridos. Através dele é possível gerar diversas informações e indicadores para serem utilizados pelos gestores para a gestão de desempenho do equipamento. Porém, a unidade industrial não está utilizando este recurso em sua forma plena. No momento, apenas ocorre a coleta de alguns dados por um técnico da manutenção, que compila os dados numa planilha e repassa ao supervisor de produção, ao coordenador de manutenção e gerente da fábrica.

Alguns indicadores como de eficiência mecânica da máquina, eficiência da linha e perda de embalagens são divulgados aos operadores das máquinas e técnicos de manutenção, através de um quadro exposto em cada máquina. A Figura 11 exemplifica o modelo usado. Os dados gerados estão sendo usados mais para conhecimento das partes, pois não ocorre uma análise dos números e também não é elaborado um plano de ação específico para combater os desvios. Esta informação indica a oportunidade de se fazer gestão sobre as informações disponíveis, possibilitando ganhos nos processos.

Figura 11 – Quadro usado para divulgação dos indicadores de máquina

| INDICADORES DA LINHA | | Período Avaliado: 23/04/13 até 13/05/13 |
|--|-----------------|--|
| Flex/MID Linha 13 | | |
| Velocidade da Máquina: 8000 por hora ID da Máquina: 00396/21211 | | |
| Eficiência da Máquina: | | Meta: 90,70% |
| 91,06% | | |
| Eficiência da Linha: | | Meta: 90,70% |
| 89,82% | | |
| Número de paradas durante a produção: | 78 | |
| Número de embalagens perdidas: | 14.187 unidades | |
| Porcentagem total de embalagens perdidas: | | Meta: 0,80% |
| | 0,87% | |
| Tempo total entre falhas de produção (Hr): | | Meta: 02:00:00 |
| | 02:36:08 | |
| Tempo médio de restauração das falhas (Hr): | | Meta: 00:20:00 |
| | 00:15:31 | |

Fonte: Empresa, 2013.

No entanto, são desencadeadas ações isoladas informalmente pelos operadores de cada máquina junto aos técnicos de manutenção, no sentido de alcançar as metas. Os supervisores de produção e coordenador de manutenção, assim como o gerente industrial também efetuam um acompanhamento junto com os subordinados para atingir os valores propostos. Mas isto tudo ocorre de forma subjetiva, sem uma análise prévia dos dados e aplicação de uma metodologia ou procedimento para resolução dos problemas.

4.5 Aplicação das ferramentas

A primeira tarefa designada ao grupo de trabalho foi o restabelecimento das condições básicas do equipamento. Para isto ocorrer, primeiro foi realizada uma limpeza geral da máquina com a identificação e planilhamento das anomalias constatadas. A identificação compreendeu o preenchimento de uma etiqueta e esta foi fixada na própria máquina, próximo ao local da anomalia.

Para este trabalho de identificação dos problemas, os integrantes do GT se reuniram em uma data determinada para executarem as atividades, sendo um trabalho em conjunto onde todos puderam participar do diagnóstico de desvios na máquina. Utilizou-se um dia inteiro de trabalho, numa jornada de 8 horas, visando explorar toda a máquina para identificar todas as possíveis necessidades de restabelecimento. A Figura 12 mostra uma foto da máquina ao final da tarefa, com as etiquetas identificando os problemas.

Figura 12 - Etiquetas colocadas na máquina para identificar as anomalias



Etiquetas fixadas na máquina próximas ao local das anomalias, para identificar o item a ser consertado.

Fonte: Empresa, 2013.

A segunda etapa consistiu da estratificação das paradas da máquina, reunindo as informações numa tabela e, posteriormente, num gráfico de Pareto para melhor interpretação dos resultados e priorização dos eventos. As causas das paradas foram compiladas numa tabela e ordenadas da maior para a menor intensidade de ocorrência, sendo também realizado o cálculo do percentual representativo de cada parada em relação ao total de paradas.

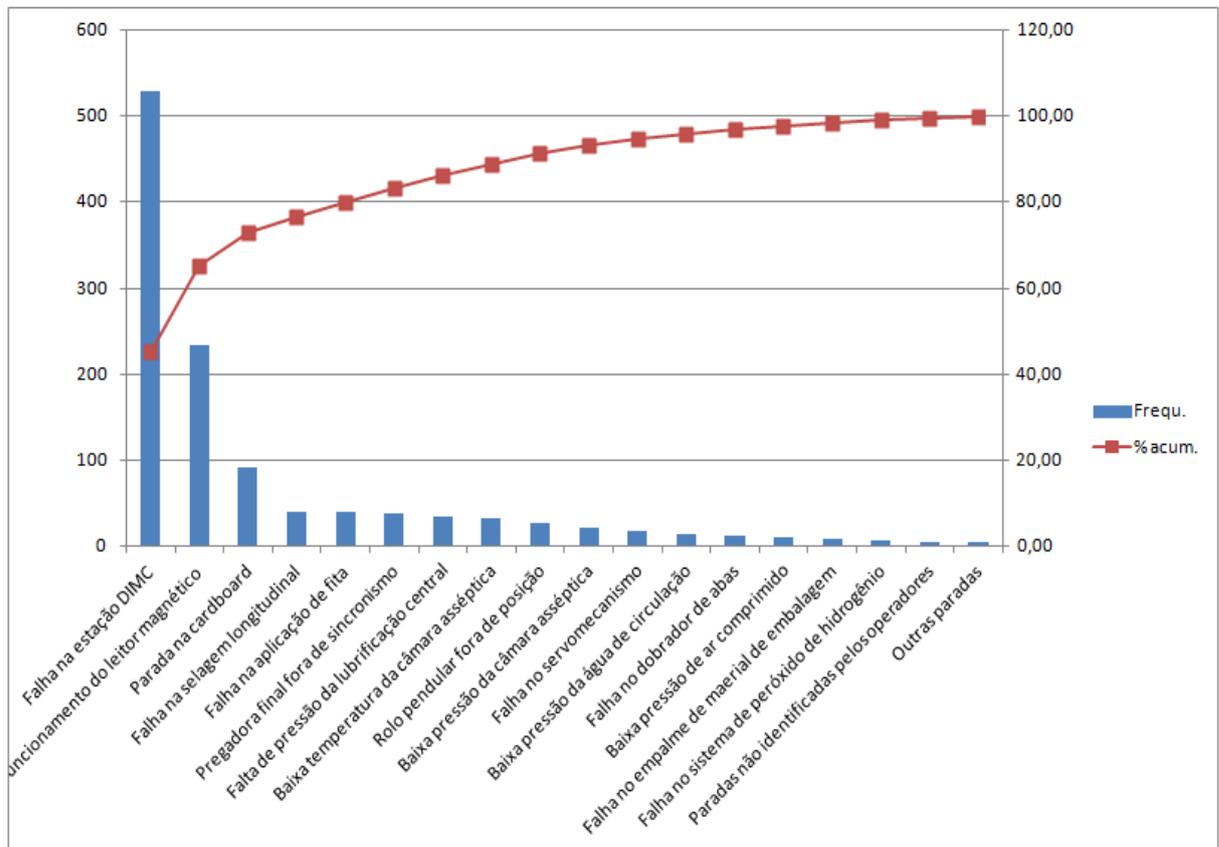
Figura 13 – Estratificação das paradas

| Descrição da parada | Frequ. | % | % acum. |
|--|---------------|------------|----------------|
| Falha na estação DIMC | 529 | 45,21 | 45,21 |
| Mau funcionamento do leitor magnético | 234 | 20,00 | 65,21 |
| Parada na cardboard | 91 | 7,78 | 72,99 |
| Falha na selagem longitudinal | 41 | 3,50 | 76,50 |
| Falha na aplicação de fita | 40 | 3,42 | 79,91 |
| Pregadora final fora de sincronismo | 38 | 3,25 | 83,16 |
| Falta de pressão da lubrificação central | 35 | 2,99 | 86,15 |
| Baixa temperatura da câmara asséptica | 32 | 2,74 | 88,89 |
| Rolo pendular fora de posição | 28 | 2,39 | 91,28 |
| Baixa pressão da câmara asséptica | 21 | 1,79 | 93,08 |
| Falha no servomecanismo | 18 | 1,54 | 94,62 |
| Baixa pressão da água de circulação | 14 | 1,20 | 95,81 |
| Falha no dobrador de abas | 12 | 1,03 | 96,84 |
| Baixa pressão de ar comprimido | 10 | 0,85 | 97,69 |
| Falha no empalme de material de embalagem | 9 | 0,77 | 98,46 |
| Falha no sistema de peróxido de hidrogênio | 7 | 0,60 | 99,06 |
| Paradas não identificadas pelos operadores | 6 | 0,51 | 99,57 |
| Outras paradas | 5 | 0,43 | 100,00 |
| TOTAL | 1170 | 100 | |

Fonte: Do autor, 2013.

A Figura 13 demonstra a descrição de todas as falhas ocorridas e sua frequência no intervalo determinado da coleta dos dados, que foi de julho a dezembro de 2012, representando um total de 1170 paradas numa média de 195 paradas por mês, conforme também já apresentado na Tabela 1. Importante destacar a quantidade de paradas por falha na estação DIMC (*Direct Injection Molding Concept*), pois representou 45,21 % do total das paradas. Já na Figura 14, as paradas descritas na Figura 13 estão representadas graficamente, através do Diagrama de Pareto, permitindo melhor visualização dos eventos.

Figura 14 – Gráfico de Pareto das paradas

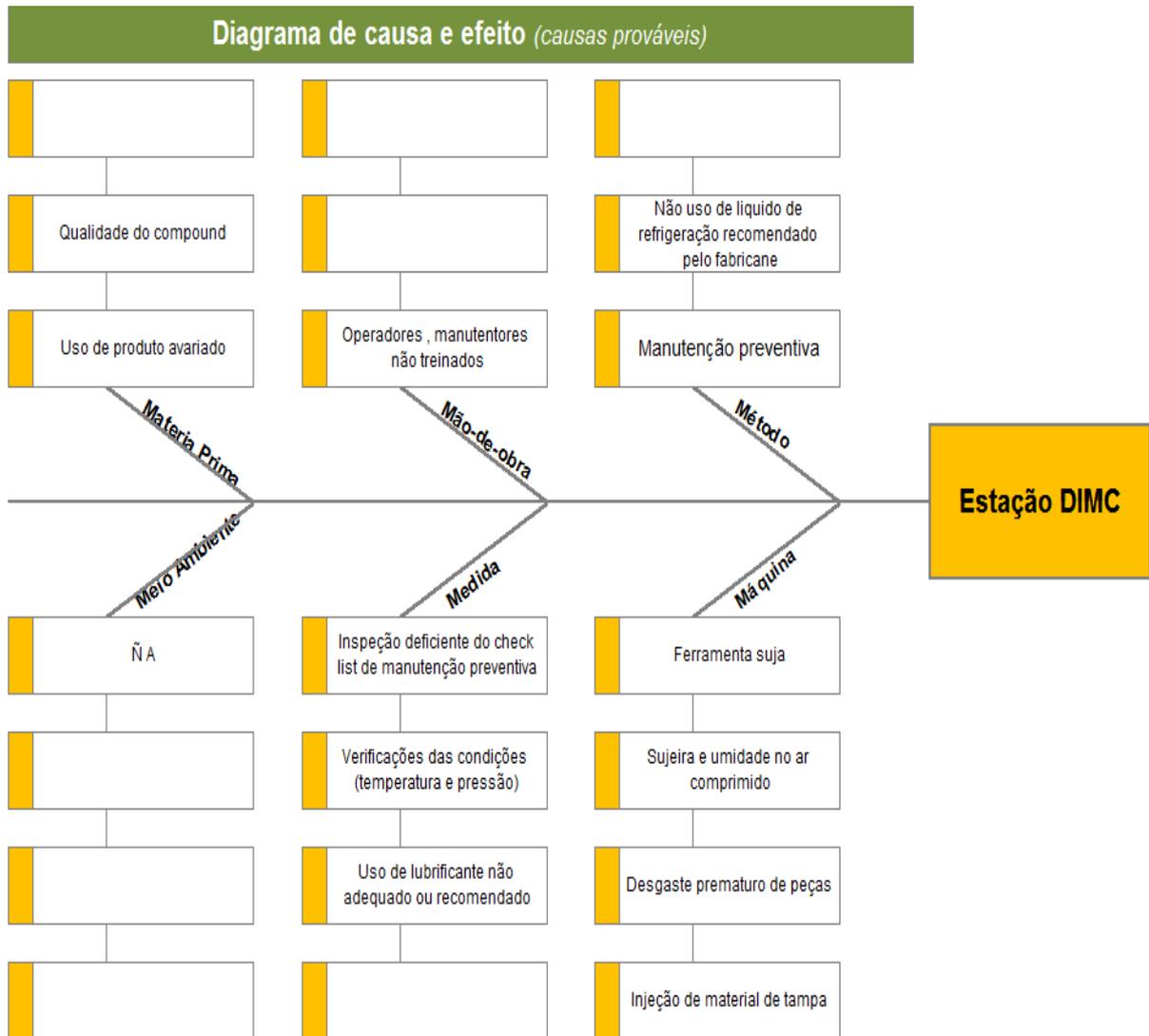


Fonte: Do autor, 2013.

Realizada a estratificação, a terceira atividade teve como objetivo a análise dos modos de falha dos eventos com maior representatividade na análise de Pareto, através do diagrama de causa e efeito e método dos cinco porquês, para descobrir as causas raízes das falhas. Nesta etapa foi importante o uso da técnica do *brainstorming* pelo GT, pois a participação ativa com ideias a partir dos conhecimentos de cada membro permitiu que as análises pudessem ser bem exploradas e abrangentes. Com as análises de falhas realizadas, o próximo passo foi a avaliação através da ferramenta dos cinco porquês.

A Figura 15 exibe o exemplo de uma das análises realizadas com a metodologia do diagrama de causa e efeito para o problema de parada por falha da estação DIMC, a qual foi a maior causadora de paradas no período do levantamento dos dados, compreendido entre os meses de julho a dezembro de 2012.

Figura 15 – Análise de falha da estação DIMC pelo diagrama de causa e efeito



Fonte: Empresa, 2013.

Aplicada a ferramenta do diagrama de causa e efeito, chegou-se a 12 causas prováveis para a falha da estação DIMC. Neste momento, as causas prováveis foram priorizadas, com a finalidade de concentrar mais esforço em causas, entendidas pelo grupo, como de maior importância para a ocorrência das falhas. Assim, procedeu-se para as demais análises realizadas. A Figura 16 mostra o modelo de priorização adotado para a análise das causas.

Figura 16 – Modelo usado para priorização das causas

| ANÁLISE DAS CAUSAS - PRIORIZAÇÃO | | | | | | | |
|--|---------------|---------|-------|---------|-------|--------|-------|
| Principais Causas | Participantes | | | | | | Total |
| | Gilmar | Josenei | Ilson | Marcelo | Marco | Felipe | |
| 1 Sujeira e umidade no ar comprimido | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 22 |
| 2 Injeção de material de tampa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 3 Desgaste prematuro de peças | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 4 Ferramenta suja | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 5 Uso de lubrificante não adequado ou recomendado | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 |
| 6 Verificações das condições (temperatura e pressão) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 7 Inspeção deficiente do check list de manutenção preventiva | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 20 |
| 8 Manutenção preventiva | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 9 Não uso de líquido de refrigeração recomendado pelo fabricante | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 30 |
| 10 Operadores, manutentores não treinados | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 11 Uso de compound avariado | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 16 |
| 12 Qualidade do compound | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 |
| 13 0 | | | | | | | 0 |
| 14 0 | | | | | | | 0 |
| 15 0 | | | | | | | 0 |
| 16 0 | | | | | | | 0 |
| 17 0 | | | | | | | 0 |
| 18 0 | | | | | | | 0 |
| 19 0 | | | | | | | 0 |
| 20 0 | | | | | | | 0 |
| 21 0 | | | | | | | 0 |
| 22 0 | | | | | | | 0 |
| 23 0 | | | | | | | 0 |

Fonte: Empresa, 2013.

Tendo por base a análise de falhas apresentada na Figura 15, os integrantes do GT atribuíram as notas 1, 3 e 5 a cada causa, sendo a nota 1 de menor impacto, a nota 3 para médio impacto e a nota 5 para maior impacto sobre cada causa provável. A distribuição está exposta na Figura 16. Para cada modo de falha foram priorizadas cinco causas prováveis, as que obtiveram a maior pontuação, para serem submetidas ao teste dos por quês.

Já a Figura 17 apresenta uma parte da análise das causas prováveis através do modelo dos cinco porquês, que foi adotado pelo GT. Nesta análise as causas prováveis identificadas no diagrama de causa e efeito foram submetidas às perguntas dos por quês, com a finalidade de encontrar as causas raízes dos problemas. Desta forma, foi possível aprofundar as análises e estabelecer as ações para eliminar os problemas.

Figura 17 - Análise das causas prováveis através do modelo dos cinco porquês

| TESTE DOS POR QUÊS | | |
|---|--|---|
| Causa 1 - não uso de líquido de refrigeração recomendado pelo fabricante | | |
| Por que? | Motivo | Ação Final |
| Não uso de líquido de refrigeração recomendado pelo fabricante | Há uma suposição de que não seja tão importante | Estabelecer o uso do líquido de refrigeração conforme a recomendação do fabricante da máquina |
| Há uma suposição de que não seja tão importante | Podem haver produtos semelhantes para o mesmo efeito | |
| Podem haver produtos semelhantes para o mesmo efeito | Mesma ação mas com menor custo | |
| Mesma ação mas com menor custo | Pois se buscou uma alternativa | |
| Pois se buscou uma alternativa | Devido ao custo elevado do líquido de refrigeração | |
| Causa 2 - sujeira e umidade no ar comprimido | | |
| Por que? | Motivo | Ação Final |
| Sujeira e umidade no ar comprimido | Não há filtro específico para a função | Analisar a viabilidade de Instalação de filtro coalescente na entrada de ar comprimido da máquina |
| Não há filtro específico para a função | O sistema de geração de ar comprimido não é eficiente | |
| O sistema de geração de ar comprimido não é eficiente | Há arraste de impurezas na linha | Realizar manutenção preventiva nos filtros de ar existentes na tubulação de ar comprimido |
| Há arraste de impurezas na linha | É uma instalação onde anteriormente não havia esta exigência | |
| É uma instalação onde anteriormente não havia esta exigência | Os equipamentos não exigiam esta tecnologia | |
| Causa 3 - inspeção deficiente do check-list de manutenção preventiva | | |
| Por que? | Motivo | Ação Final |
| Inspeção deficiente do check list de manutenção preventiva | Esta manutenção preventiva ocorre somente a cada 1.000 horas | Analisar o plano de manutenção preventiva recomendado pelo fabricante da máquina |
| Esta manutenção preventiva ocorre somente a cada 1.000 horas | Está acordado internamente este procedimento | |
| Está acordado internamente este procedimento | Necessidade de longo tempo de parada | |
| Necessidade de longo tempo de parada | Falta de planejamento para realizações das manutenções | |
| Falta de planejamento para realizações das manutenções | Não é seguido o procedimento do Check-list enviado pelo fornecedor | |

Fonte: Empresa, 2013.

Encontradas as causas raízes, elaborou-se o plano de ação numa planilha 5W2H, com o objetivo de organizar a execução das ações e contramedidas para eliminação das falhas. O plano de ação foi criado a partir dos conhecimentos dos integrantes do GT. Neste plano foram definidas as medidas a serem executadas, o responsável por cada ação, o porquê ser executada, o prazo para execução, a maneira como deve ser realizada, o local de execução de cada ação e os custos envolvidos. A Figura 18 ilustra o modelo adotado durante o estudo de caso.

Figura 18 – Modelo de plano de ação 5W2H utilizado

| PLANO DE AÇÃO | | | | Executada | 73% | 11 | | |
|---|---|--|---------|-------------|------------|-----------|---|--------------|
| Redução de paradas não programadas | | | | Exec+Atraso | 0% | 0 | | |
| | | | | Atrasada | 7% | 1 | | |
| | | | | Andamento | 20% | 3 | | |
| | | | | Total | 100% | 15 | | |
| O que | Como | Onde | Quer | Previst | Real | Status | Por que | Quanto custa |
| Estudar a função do líquido refrigerante | Consultar o manual técnico do equipamento e recomendações de uso | Manual técnico | Felipe | 04/02/2013 | 01/02/2013 | Executada | Para entender quais as funções do líquido refrigerante no sistema da máquina | Sem custo |
| Estabelecer o uso do líquido refrigerante conforme a recomendação do fabricante da máquina | Repassar formalmente a informação a todos os técnicos de manutenção e operadores das máquinas] | Na sala de reuniões da manutenção e sala para diálogo de qualidade | Felipe | 11/02/2013 | 06/02/2013 | Executada | Para explicar a importância de seguir corretamente as instruções de recomendação do uso do líquido refrigerante conforme o manual técnico. | Sem custo |
| Analisar a viabilidade de Instalação de filtro coalescente na entrada de ar comprimido da máquina | Verificar se o atual sistema de filtros está adequado às necessidades de fornecer ar comprimido de boa qualidade. Em caso negativo adquirir e instalar filtro | Na entrada do painel de válvulas da máquina | Felipe | 11/02/2013 | 08/02/2013 | Executada | Para eliminar contaminação do ar comprimido | R\$ 5.000,00 |
| Realizar manutenção preventiva nos filtros de ar existentes na tubulação de ar comprimido | Criar procedimento de verificação periódica de manutenção preventiva nos filtros | Nos filtros existentes | Marco | 20/06/2013 | | Andamento | Para garantir ar comprimido de boa qualidade | Sem custo |
| Analisar o plano de manutenção preventiva recomendado pelo fabricante da máquina | Consultando o plano existente | No portal da Tetra Pak | Marcelo | 25/01/2013 | 21/01/2013 | Executada | Para verificar quais oportunidades possíveis de melhorar o atual sistema adotado pela unidade industrial | Sem custo |
| Apresentar uma proposta de realização de manutenção preventiva para a coordenação da manutenção e gerência da fábrica | Com base na análise do plano de manutenção preventiva recomendado pela TetraPak | Na unidade | Marcelo | 20/02/2013 | 18/02/2013 | Executada | Com a finalidade de melhorar a eficiência de realização do check-list de manutenção preventiva | Sem custo |
| Orientar a equipe de manutenção sobre o uso do lubrificante adequado | Através de reunião com os técnicos de manutenção | Na sala de reuniões da manutenção | Felipe | 06/02/2013 | 31/01/2013 | Executada | Para manter todos os técnicos de manutenção informados sobre os riscos de utilizar um lubrificando inadequado para manutenção da estação DIMC | Sem custo |

Fonte: Empresa, 2013

As atividades de análise foram desenvolvidas pelos integrantes do GT através de reuniões bem estruturadas realizadas em sala. Isto permitiu maior concentração do grupo, sem interferências externas, sendo todos estimulados a expor suas ideias através da técnica do *brainstorming*.

Com o plano de ação elaborado, o passo seguinte foi a execução prática das ações para bloquear as causas fundamentais dos problemas identificados. Paralelo ao plano de ação e ao trabalho de restabelecimento das condições originais da máquina ocorreu manutenção preventiva de 7000 horas de funcionamento do equipamento, conforme recomendação do fabricante. Realizadas as intervenções propostas e mais a manutenção preventiva, o grupo passou a se reunir semanalmente para verificar a eficácia do plano, analisar a evolução dos indicadores e estabelecer novas medidas nos casos em que as ações originais não obtivessem o efeito desejado.

A Tabela 2 apresenta o resultado dos indicadores durante o período de desenvolvimento da metodologia.

Tabela 2 – Indicadores obtidos durante o período de estudo – (jan – mai/2013)

| INDICADOR | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | MÉDIA |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| OEE (%) | 69,80 | 67,37 | 67,76 | 74,59 | 75,05 | 70,91 |
| Eficiência mecânica máquina (%) | 94,32 | 91,66 | 95,04 | 94,74 | 98,16 | 94,78 |
| MTBF (horas) | 3:43 | 1:41 | 1:27 | 2:33 | 2:57 | 2:20 |
| Perda embalagens (%) | 0,61 | 0,92 | 0,95 | 0,66 | 0,58 | 0,74 |
| Número de paradas | 82 | 161 | 158 | 189 | 109 | 140 |

Fonte: Do autor, 2013.

A Tabela 2 mostra a evolução dos indicadores entre os meses de janeiro a maio de 2013, de onde podem ser feitas algumas observações importantes. O primeiro destaque é o indicador de OEE, com uma média de 70,91%. Desta forma, o nível de produtividade da máquina aumentou em relação ao período da coleta dos dados indicados na Tabela 1. Esta melhora foi obtida utilizando-se os mesmos recursos no mesmo equipamento.

O segundo ponto é a eficiência mecânica da máquina, em que também se observa evolução positiva e com maior estabilidade em relação à Tabela 1. A média deste indicador também ficou melhor do que a média dos dados históricos. O terceiro indicador da Tabela 2 é

o MTBF e este se mostra um pouco mais instável nos meses de janeiro a março e nos dois meses seguintes, abril e maio, apresentando maior estabilidade.

O indicador de perda de embalagens segue a tendência dos três indicadores já comentados anteriormente. Em janeiro é de 0,61%, passando para valores um pouco acima de 0,90% nos meses de fevereiro e março, refletindo o resultado insatisfatório do MTBF e associado à maior quantidade de paradas. Já em abril e maio é mais estável. Em relação ao número de paradas, foi alcançado um valor médio de 140 paradas, refletindo positivamente os demais indicadores, principalmente nos meses de abril e maio de 2013.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo de caso revelaram alguns importantes pontos a serem destacados. Após a implementação das ações, todos os cinco indicadores escolhidos e submetidos às ferramentas de solução de problemas obtiveram resultados mais satisfatórios ao final do trabalho em relação ao levantamento da situação anterior às melhorias desenvolvidas.

Uma das observações diz respeito ao plano de ação, em que a maioria das ações foi de ordem operacional, ou seja, sem necessidade de gastos financeiros significativos para correção de não conformidades. Isto evidencia o exposto na Figura 4, na página 27, que entende a quebra como uma falha visível, ou seja, a quebra é fruto de várias pequenas falhas ocultas, mas em sua maioria relacionadas à falta de limpeza, desgastes, vazamentos, folgas, etc. Estas anomalias também foram constatadas no restabelecimento das condições básicas do equipamento e nos procedimentos básicos de operação e manutenção.

Nesta mesma linha de pensamento, analisando o conceito da pirâmide de perda apresentada na Figura 3, na página 26, várias pequenas falhas ou incidentes, geralmente ocultas, não geram perda de função, mas, caso não tratadas, favorece a redução de função até se transformar numa quebra. Esta reflexão remete à necessidade de se trabalhar de forma mais eficiente na base da pirâmide, eliminando pequenos desvios, mais fáceis de serem administrados, para evitar a perda de função.

Outro aspecto a ser considerado é em relação ao número total de paradas não programadas. Um dos objetivos era a redução do número de paradas e este indicador apresentava uma média histórica de 195 paradas mensais. Nos cinco meses do estudo alcançou-se uma média de 140 paradas, ou seja, o objetivo foi alcançado. É importante destacar que o número de horas trabalhadas pelo equipamento no intervalo da aplicação

prática, na média, ficou muito próximo à média na condição histórica. A Figura 19 apresenta as horas produzidas pelo equipamento entre janeiro a maio de 2013.

Figura 19 - Horas produzidas entre janeiro a maio de 2013

| HORAS PRODUZIDAS | | | | | |
|-------------------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Maio | Média |
| 304 | 272 | 231 | 482 | 322 | 322 |

Fonte: Do autor, 2013.

Desta forma, com a diminuição das paradas, o efeito foi de melhora substancial do MTBF. Este indicador atingiu uma média de duas horas e vinte minutos, com 58,27% de aumento comparando a média anterior e após as ações desenvolvidas.

Foram analisadas cinco paradas, representando 27,7% do total das paradas, às quais foram responsáveis por 79,91% das quebras, conforme o conceito do Diagrama de Pareto, representado na Figura 14. As ações planejadas e executadas com a finalidade de diminuir estas falhas obtiveram êxito, pois a incidência diminuiu. A Figura 20 apresenta a quantidade total de paradas ocorrida durante o estudo.

Esta resposta reconheceu a efetividade do plano de ação proposto, porém ainda há espaço para melhorar o plano visando reduzir ainda mais as paradas. E reduzindo ainda mais as paradas, os demais indicadores também serão favorecidos a melhorar.

Houve uma redução média das paradas de 28,29% em relação à média de julho a dezembro de 2012, mas percebe-se que, mesmo assim, há espaço para estudar melhor os motivos que causam as paradas na razão de buscar a minimização dos efeitos e, por conseguinte, progredir nos indicadores. Neste passo torna-se essencial verificar se os bloqueios foram efetivos e, caso negativo, deve-se retornar à segunda etapa do fluxograma do MASP, para uma nova investigação das características dos problemas.

É necessário mencionar que os dados coletados durante o estudo de caso foram referentes ao período de cinco meses, totalizando 699 paradas. Os dados históricos foram obtidos em relação há seis meses. Fazendo-se uma projeção da média mensal de paradas, que foi de 140, para seis meses pode-se projetar o número de paradas em 840.

Figura 20 - Quantidade de paradas durante o estudo de caso

| Descrição da parada | Frequ. | % | % acum. |
|--|---------------|------------|----------------|
| Falha na estação DIMC | 381 | 54,51 | 54,51 |
| Mau funcionamento do leitor magnético | 113 | 16,17 | 70,67 |
| Parada na cardboard | 68 | 9,73 | 80,40 |
| Pregadora final fora de sincronismo | 23 | 3,29 | 83,69 |
| Falha na selagem longitudinal | 19 | 2,72 | 86,41 |
| Outras paradas | 18 | 2,58 | 88,98 |
| Falha na aplicação de fita | 15 | 2,15 | 91,13 |
| Baixa pressão da câmara asséptica | 12 | 1,72 | 92,85 |
| Rolo pendular fora de posição | 10 | 1,43 | 94,28 |
| Baixa temperatura da câmara asséptica | 10 | 1,43 | 95,71 |
| Baixa pressão da água de circulação | 8 | 1,14 | 96,85 |
| Falha no dobrador de abas | 5 | 0,72 | 97,57 |
| Falha no sistema de peróxido de hidrogênio | 4 | 0,57 | 98,14 |
| Paradas não identificadas pelos operadores | 4 | 0,57 | 98,71 |
| Falta de pressão da lubrificação central | 4 | 0,57 | 99,28 |
| Falha no servomecanismo | 2 | 0,29 | 99,57 |
| Falha no empalme de material de embalagem | 2 | 0,29 | 99,86 |
| Baixa pressão de ar comprimido | 1 | 0,14 | 100,00 |
| TOTAL | 699 | 100 | |

Fonte: Do autor, 2013.

Na Figura 20 foi efetuada a reorganização das paradas, em ordem decrescente de frequência, assim como elaborado na Figura 13. As cinco maiores paradas na Figura 20, em termos de quantidade, continuaram na mesma ordem que na Figura 13, porém as demais mudaram a sua disposição. O percentual representativo de cada parada alterou-se, o que significa ser indispensável analisar continuamente o processo.

A eficiência mecânica da máquina acabou sendo uma consequência da diminuição do número de paradas, tendo incremento de 5,95%. Este indicador é considerado importante para a unidade industrial, pois enquanto o equipamento não estiver parado por efeito de quebras inesperadas significa que o tempo disponível está sendo transformado em produto acabado.

A OEE alcançou resultados crescentes a partir do primeiro mês da aplicação da metodologia. Considerando o mês de maio, último mês de acompanhamento dos resultados, observa-se um índice de OEE de 75,05%, resultando numa média mensal de 70,91%. Com este valor, houve um incremento de 13,73% em relação à média histórica. Para a eficiência global do equipamento não há uma meta definida pela unidade industrial, contudo é de ciência da gerência que quanto maior este valor, melhor será a produtividade da máquina.

Há uma meta mensal estabelecida de volume a ser produzida e se os índices de OEE forem melhorados, será possível otimizar a quantidade de máquinas em produção, sendo viável até mesmo deixar certas linhas paradas durante alguns períodos. Assim, há oportunidade de redução de consumos de recursos energéticos, como energia elétrica, vapor, ar comprimido e água. Com a economia destes recursos, é potencial a redução de custos nos processos e, em consequência, nos produtos produzidos. Além do mais, havendo aumento na demanda de produção, existirá condição de atendimento eficiente.

Em relação às perdas de embalagens, estas tiveram uma redução interessante no seu índice. A média histórica indicou um valor de 0,96%, evoluindo no último mês do estudo para 0,58%, gerando uma média mensal de 0,74%, superando a meta determinada pela empresa para este indicador. Desta forma, houve uma redução de 23% na perda de embalagens, totalizando uma média de 4.950 embalagens por mês, pois a máquina produziu em média 2.250.000 litros no período de janeiro a maio de 2013. Conseguindo-se manter este nível de perdas e projetando-se esta quantidade para um ano, significa redução de perda de 59.400 embalagens nesta linha de produção estudada. No entanto, há oportunidade de diminuir estas perdas, visto o valor de 0,58% atingido no mês de maio de 2013.

Por fim, a busca por ganhos em eficiência operacional é um processo de melhoria contínua, ou seja, é necessário girar o PDCA para garantir a eficiência do processo e a correção de novas falhas que surgem. Para manter e melhorar os resultados alcançados é indispensável que a metodologia continue sendo aplicada, caso contrário, sem conceito de trabalho, os resultados tenderão a retornar aos padrões históricos. Vale destacar a importância de uma boa interação entre operadores de máquina e técnicos de manutenção na identificação e resolução imediata de pequenas falhas que surgem no equipamento ao longo da produção. Além disso, uma boa gestão na aplicação correta de manutenção preventiva nos equipamentos, com a finalidade de garantir um processo contínuo de produção, com um mínimo de paralisações ou interrupções por conta de falhas.

6 CONCLUSÃO

Na presente monografia foram aplicados conceitos e ferramentas de análise e solução de problemas em uma linha de produção de leite UHT de uma organização industrial, com a finalidade de aumento de eficiência da mesma. Foram determinados cinco indicadores de desempenho, com base nos critérios definidos pela gerência da fábrica e estabelecidos os objetivos com a justificativa de contribuir na redução de custos dos produtos.

Com a aplicação da metodologia foram produzidos resultados melhores em relação ao histórico dos dados existentes, confirmando os objetivos específicos definidos no Capítulo 1. Deste modo, ao final da construção deste trabalho constatou-se a eficácia do método em fornecer subsídio para aplicação prática nas rotinas operacionais, colaborando com a capacidade de gerar resultados positivos para o processo.

Contudo, cabe ressaltar que o período de acompanhamento dos resultados foi curto e no início do trabalho houve certa instabilidade nos indicadores. Esta instabilidade pode ser considerada aceitável, visto ser uma técnica não usada na rotina da fábrica e a inserção de um novo conceito de trabalho necessita de aprendizado. Também se faz necessário expor que somente os indicadores analisados nesta monografia podem não ser suficientes para assegurar os ganhos no processo. É fundamental explorar, além destes, outros indicadores de processo com a finalidade de avaliar de forma ampla todas as variáveis envolvidas no sequenciamento da produção.

Enfim, a resposta em termos de competência para alcançar as metas foi satisfatória para a presente aplicação, podendo ainda ser melhorada. Assim, é sugerida a continuidade da

aplicação da metodologia e do acompanhamento dos resultados, visando gerar conhecimento ao grupo de trabalho formado para posterior expansão horizontal às equipes e demais linhas de produção. Isto permitirá à unidade industrial aumentar sua competitividade, contribuindo com as premissas de expansão contínua da empresa.

Este trabalho limitou-se a aplicar metodologia para resolução de problemas em uma linha de produção de leite UHT. Para a expansão horizontal deve ser considerado que, para cada máquina, é necessário realizar passo a passo a metodologia. As ações não podem ser simplesmente replicadas, pois é preciso conhecer e explorar as causas de paradas em cada equipamento e definir um plano de ação específico para cada caso.

Outras análises também poderiam ser consideradas, como melhorias nos aspectos ergonômicos dos operadores e ganhos de qualidade. Em relação à ergonomia, os próprios operadores apontaram melhora, pois com menos paradas o operador trabalha de forma mais tranquila, sem necessidade de movimentar-se muito, principalmente para recolher embalagens descartadas após paradas e reinícios de produção. Na visão da qualidade, as vantagens dizem respeito a não retenção de produtos para reanálises ou retrabalhos.

Porém, estas observações não fizeram parte dos objetivos propostos, sendo indispensável um acompanhamento mais detalhado acerca destes fatores para se obter as respostas desejadas. No entanto, sugere-se à empresa realizar a mensuração destas informações para avaliar os impactos nas operações diárias ou em outros indicadores.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L.A.A. et AL. **A Termelétrica de Santa Cruz: Laboratório Químico e Operações com Produtos Químicos na Área Industrial.** Monografia do curso de Especialização em Eng. de Segurança do Trabalho UFRJ. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/13179/material/APP_e_HAZOP.pdf>. Acesso em: 27 out. 2012.

ALBERTON, Anete. **Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança.** 1996. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) – UFSC, 1996. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/anete/cap5/cap5_ane.htm#533>. Acesso em: 27 out. 2012.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** São Paulo: Pioneira, 1999.

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARIOLI, Edir Edemir. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações.** São Paulo: Atlas, 2010.

BANOV, Márcia Regina. **Psicologia no gerenciamento de pessoas.** São Paulo: Atlas, 2008.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês).** Belo Horizonte: DG, 1999.

CANDIDIO, Sandro. **Solução de problemas com o uso do PDCA e das ferramentas da qualidade.** Disponível em: <<http://sandrocan.wordpress.com/tag/diagrama-de-causa-e-efeito/>>. Acesso em: 30 set. 2012.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística**. São Paulo: Atlas, 2011.

CORREA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **Just in time, MRP II E OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

EVOLUÇÃO Consultoria. [**Falha – quebra visível**] Disponível em: <<http://www.consultoriaevolucao.com/ver-servico.php?id=24>>. Acesso em: 07 set. 2012.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time: automação e zero defeitos**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

HANSEN, Robert C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

INTERNET. Disponível em: <<http://www.brasilfoods.com/paginas.cfm?area=0&sub=27>>. Acesso em 25 mar. 2013.

KARDEC, Alan; SEIXAS, Eduardo. **Gestão estratégica e indicadores de desempenho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

LIMA, Claudinete Salvato e URBINA, Lúgia Maria Soto. **Eficiência competitiva através de investimentos em capital humano**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR15_0828.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2012

LUSTOSA, Leonardo et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

OHNO, Taiichi; SCHUMACHER, Cristina. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAIVA, Ely Laureano; CARVALHO JR., José Mario de; FENSTESEIFER, Jaime Evaldo. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PALADY, Paul; Outras Palavras; GRACA JUNIOR, João Candido da - rev. **FMEA: análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 2004.

ROTONDARO, Roberto G (Coord). **Seis sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, Carlos Aparecido. **Produção enxuta**: uma proposta de método para introdução em uma empresa multinacional instalada no Brasil. Disponível em:

<http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_008.PDF>. Acesso em: 12 ago. 2012

SHARMA, Anand; MOODY, Patricia E.; ROSA, Maria Lucia G. Leite. **A máquina perfeita**: como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.

STURARI, Raul. **Brainstorming**. Disponível em:

<<http://diegopiovesan.files.wordpress.com/2010/07/brainstorming.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2012.