

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**O SISTEMA MES COMO FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DA GESTÃO DO
CONHECIMENTO VISANDO A MELHORIA DO APRENDIZADO DE UM
SISTEMA COMPLEXO ADAPTATIVO DE MANUFATURA SENDO UM
ATRATOR DE MELHORIA DO DESEMPENHO PRODUTIVO**

PAULO DE TARSO SANDRINI

MANAUS

2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

PAULO DE TARSO SANDRINI

**O SISTEMA MES COMO FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DA GESTÃO DO
CONHECIMENTO VISANDO A MELHORIA DO APRENDIZADO DE UM
SISTEMA COMPLEXO ADAPTATIVO DE MANUFATURA SENDO UM
ATRATOR DE MELHORIA DO DESEMPENHO PRODUTIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Manuel A.P. Cardoso

MANAUS

2014

Ficha Catalográfica
realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

(Catalogação

| | |
|-------|--|
| S219s | <p>Sandrini, Paulo de Tarso. O sistema MES como ferramenta para aplicação da gestão do conhecimento visando a melhoria do aprendizado de um sistema complexo adaptativo de manufatura sendo um atrator de melhoria do desempenho produtivo / Paulo de Tarso Sandrini. - 2014. 114 f. : il. color.. Dissertação (mestrado em Engenharia da Produção) — Universidade Federal do Amazonas. Orientador: Prof. Dr. Manuel A. P. Cardoso.</p> <p>1. Sistemas de Informação Gerencial 2. Tecnologia da Informação 3. Gestão do Conhecimento 4. Gestão da Produção I. Cardoso, Manuel A.P., orientador II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p> <p>CDU (1997): 004.451.2 (043.3)</p> |
|-------|--|

PAULO DE TARSO SANDRINI

O SISTEMA MES COMO FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DA
GESTÃO DO CONHECIMENTO VISANDO A MELHORIA DO
APRENDIZADO DE UM SISTEMA COMPLEXO ADAPTATIVO DE
MANUFATURA SENDO UM ATRATOR DE MELHORIA DO
DESEMPENHO PRODUTIVO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Amazonas, como parte
do requisito para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia de Produção, área de
concentração Gestão da Produção.

Aprovada em 24 de julho de 2014.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. MANUEL AUGUSTO PINTO CARDOSO, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. WALTAIR VIEIRA MACHADO, Membro.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. NIOMAR LINS PIMENTA, Membro.
Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica

DEDICATÓRIA

À minha esposa Rosselane e à minha filha Marcela pelo incentivo e por terem suportado minha ausência para nos momentos dedicados a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus a quem roguei por diversas vezes para que me desse força para não desistir no meio da jornada e fui por Ele ouvido.

À Rosselane e Marcela, esposa e filha muito amadas pela paciência, apoio, cumplicidade e compreensão pelas inúmeras horas por mim dedicadas para a elaboração deste estudo.

Aos meus pais, César e Luiza, pessoas tão importantes e fundamentais para a formação da pessoa que me tornei.

Ao Professor Doutor Manuel A. P. Cardoso, orientador desta dissertação, por todo o empenho, sabedoria, persistência e exigência. Pelas valiosíssimas discussões, revisões, correções e sugestões que possibilitaram a conclusão deste estudo.

Aos professores da UFAM por contribuírem com meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos amigos e aos colegas do mestrado que compartilharam desta longa caminhada.

Aqueles que, mesmo sem serem citados, em muito me ajudaram e por mim torceram.

RESUMO

A globalização da economia tem apresentado comportamentos mercadológicos dinâmicos e indeterminísticos e tem exigido das organizações empresariais, particularmente as de manufatura de commodities, uma maior capacidade de adaptação a essas mudanças cada vez mais frequentes.

Outro fator a ser considerado nas organizações de manufatura é o decréscimo da margem de rentabilidade em função da maior competição no mercado globalizado e das inovações tecnológicas. O lucro a ser obtido cabe quase que exclusivamente à gestão do fluxo do processo produtivo através do enxugamento das operações e a redução do tempo de atravessamento de produção.

Neste contexto, se tem demonstrada a inadequação de modelos de gestão determinísticos e reducionistas, que avaliam o comportamento do sistema como a somatória dos comportamentos das partes, através de relações lineares entre as diretrizes estabelecidas pela gestão e os resultados esperados da operação da produção. Isto equivale a ter uma visão de que, em se tendo um plano de produção que possa ser atendido pela disponibilidade de matéria prima e recursos produtivos, máquinas e mão de obra passam a ser, simplesmente, uma questão de execução e acompanhamento do referido plano de produção.

O que se tem constatado é que os comportamentos sistêmicos de tais organizações se descrevem pelas interações entre suas partes internas e externas, onde muitas dessas interações apresentam características ordenadoras e desordenadoras simultaneamente. Além disso, elas são muito dependentes das condições iniciais para a realização de seu planejamento.

Observa-se também que essas características comportamentais da organização de manufatura podem ser descritas como típicas dos Sistemas Complexos Adaptativos (SCA). Para estas organizações o sistema representativo do processo produtivo é um subsistema da organização empresarial e pode ser descrito como um SCA.

No sistema de manufatura, as partes são formadas por agentes que apresentam interações entre si e com o ambiente produtivo de forma diferenciada, isto é, a interação dos agentes de produção difere da dos agentes de qualidade em relação ao ambiente produtivo. As ações dessas interações são complexas e ordenadoras e desordenadoras simultaneamente não permitindo estabelecer uma relação de linearidade entre causas e efeitos. Nesse contexto de complexidade, o sistema produtivo se mostra mais criativo e capaz de se adaptar diante das mudanças internas e externas do ambiente.

A gestão do conhecimento aplicada de forma sistêmica através da tecnologia de informação, denominada de MES (*Manufacturing Execution Systems*), pode aumentar a capacidade de aprendizado do sistema resultando no ganho de produtividade e rentabilidade do processo produtivo avaliadas por indicadores de desempenho.

Será demonstrado nessa dissertação, o fato de que a gestão do conhecimento pode estabelecer uma melhor definição das ações operacionais eficazes e efetivas, a partir das extrações dos conhecimentos tácitos, obtidos através das interações com o ambiente produtivo, transformados em conhecimentos explícitos e disseminados entre os demais agentes.

O MES auxiliará na ampliação da percepção do ambiente produtivo e na

descrição estruturada dos procedimentos correspondentes aos conhecimentos explícitos e também para disseminar conhecimentos para atenuação das perdas. A coerência das ações estabelecerá a identidade da organização e, conseqüentemente sua capacidade de adaptação e auto-organização.

Palavras-chave: Conhecimento, Complexidade, Informação e Sistema.

ABSTRACT

The globalization of the economy has provided dynamic and indeterministic market behaviors and has required business organizations, particularly manufacturing commodities, greater ability to adapt to these increasingly frequent changes.

Another factor to be considered in manufacturing organizations is the decrease in profit margin due to higher competition in global market and technological innovations. The profit to be made rests almost exclusively to the management of the flow of the production process by streamlining operations and reducing the lead-time of production.

In this context, it has demonstrated the inappropriateness of deterministic and reductionist management models, assessing the behavior of the system as the sum of the conduct of the parties, through linear relationships between the guidelines established by management and the expected results of the production operation. This is equivalent to a view that, in taking up a production plan that can be accomplished by the availability of raw materials and production resources, machinery and manpower become simply a matter of implementation and monitoring of the plan of production.

What has been found is that the systemic behavior of such organizations is described by interactions between its internal and external parties, where many of these interactions have ordered and non-ordered features simultaneously. Moreover, they are very dependent on the initial conditions for the realization of your planning.

It is also observed that these behavioral characteristics of the manufacturing organization can be described as typical of Complex Adaptive Systems (CAS). For these organizations the representative system of the production process is a subsystem of the business organization and can be described as an SCA.

In the manufacturing system, parties are formed by agents that have interactions with each other and with the productive environment differently, ie, the interaction of the agents of production differs from the agents of quality in relation to the production environment. The actions of these interactions are complex and ordered and non-ordered while allowing to establish a linear relationship between causes and effects. In this context of complexity, the production system proves more creative and able to adapt in the face of internal and external environment changes.

Knowledge management applied systemically through information technology, called MES (Manufacturing Execution Systems), can increase the learning capacity of the system resulting in increased productivity and profitability of the production process evaluated by performance indicators.

It will be demonstrated in this dissertation, the fact that knowledge management can establish a better definition of efficient and effective operational actions, from the extraction of tacit knowledge, obtained through interactions with the productive environment, transformed into explicit knowledge and disseminated among other agents.

The MES will assist in broadening the perception of the production environment and structured description of the procedures related to the explicit

knowledge and also to disseminate knowledge to mitigate losses. The consistency of actions will establish the identity of the organization and consequently its ability to adapt and self-organization.

Keywords: Knowledge, Complexity, System and Information.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Sistemas Complexos Adaptativos..... | 18 |
| Figura 2 - Gráfico das regiões de comportamento dos sistemas complexos | 22 |
| Figura 3 - Os sete tipos de perdas do processo produtivo, segunda a filosofia de manufatura enxuta..... | 33 |
| Figura 4 - Templo das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta.. | 36 |
| Figura 5 - O pilar da Sincronização das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta..... | 37 |
| Figura 6 – Matriz de Produtos | 38 |
| Figura 7 - Mapa do Fluxo de Valor (MFV) de um processo produtivo de equipamentos eletrônicos..... | 39 |
| Figura 8 - O pilar da Estabilização dos Processos das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta | 41 |
| Figura 9 - Antes e depois da aplicação do conceito de 5S num posto de trabalho ... | 42 |
| Figura 10 - Os pilares da Redução e Eliminação de Falhas dos Processos; Melhoramento da Eficiência das Máquinas; Contínuo Treinamento para os Colaboradores, das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta | 44 |
| Figura 11 - Foco e Objetivos principais do TPM, e seus cinco pontos chaves para obter-se o sucesso de sua implantação | 45 |
| Figura 12 - Camadas da empresa..... | 53 |
| Figura 13 - Potencial de Melhoria no tempo com sistema MES | 59 |
| Figura 14 - Ciclo Básico do Conhecimento | 76 |
| Figura 15 - Configuração de uma linha SMT..... | 88 |
| Figura 16 - Utilização das Linhas Produção em seis semanas | 96 |
| Figura 17 – OEE, Disponibilidade e Desempenho das linhas de produção em seis semanas..... | 96 |
| Figura 18 - Ofensores da Disponibilidade | 97 |
| Figura 19 - Placas para reparo devido ao erro alimentação..... | 98 |
| Figura 20 - Tempo para trocar modelo na produção | 100 |
| Figura 21 - Redução no tempo para limpeza estêncil | 100 |
| Figura 22 - Quantidade Planejada x Realizada | 101 |
| Figura 23 - OEE ao longo das semanas | 104 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|--|
| AOI | <i>Automated Optical Inspection</i> ou inspeção óptica automática |
| APICS | <i>American Production and Inventory Control Society</i> ou Sociedade Americana Controle de Estoque e Produção |
| BBU | <i>Bare Board Unit</i> ou dispositivo para posicionar placas de circuito impresso |
| CLP | Controlador Lógico Programável |
| ERP | <i>Enterprise Resource Planning</i> |
| FAT | <i>Final Assembly and Test</i> ou Montagem Final e Teste |
| IAC | Inserção Automática de Componentes |
| IDW | <i>Interchange Data Warehouse</i> |
| IHM | Interface Homem Máquina |
| IMC | Inserção Manual de Componentes |
| ISA | <i>Instrumentation Systems and Automation Society</i> |
| JIT | <i>Just In Time</i> |
| KPI | <i>Key Performance Indicators</i> ou indicadores chave de desempenho |
| MES | Manufacturing Execution Systems ou sistemas de execução de manufatura <i>Manufacturing Execution Systems Association</i> ou Associação dos Sistemas de Execução de Manufatura |
| MESA | de Execução de Manufatura |
| MFV | Mapa do Fluxo de Valor |
| MIT | <i>Massachussets Institute of Technology</i> ou Instituto Tecnológico de Massachussets |
| OEE | <i>Overall Equipment Effectiveness</i> ou eficiência global dos equipamentos Ordem de Produção |
| OP | <i>Manufacturing Resource Planning</i> ou planejamento dos recursos de manufatura |
| MRP | manufatura |
| PDCA | <i>Plan, Do, Contro and Act</i> ou Planejar, Fazer, Controlar e Agir |
| PIM | Polo Industrial de Manaus |
| PLC | Programmable Logic Control |
| SCA | Sistema Complexo Adaptativo |
| SQL | <i>Structured Query Language</i> |
| SMT | <i>Surface Mounting Technology</i> ou tecnologia de montagem em superfície |
| SMD | <i>Surface Mounting Devices</i> ou Dispositivos de Montagem em Superfície |
| SPI | <i>Solder Paste Inspection</i> ou inspeção de pasta de solda |
| TLT | <i>Total Lead Time</i> ou tempo total de atravessamento |
| TVAT | <i>Total Value Added Time</i> ou tempo total de agregação de valor |
| TPM | <i>Total Productive Maintenance</i> ou manutenção produtiva total |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 1.2 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA..... | 16 |
| | |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 17 |
| 2.1 ORGANIZAÇÕES COMO SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA) | 17 |
| 2.2 OS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA)..... | 17 |
| 2.3 A TEORIA DA COMPLEXIDADE E DO CAOS NA DESCRIÇÃO DO AMBIENTE COMPLEXO DO SCA DE MANUFATURA. | 22 |
| 2.4 AS PROPRIEDADES DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA) .. | 26 |
| | |
| 3 CRIANDO UMA CULTURA COLABORATIVA DO SCA DE MANUFATURA, A PARTIR DA FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA (<i>Lean Manufacturing</i>). ESTUDO DE CASO DA MANUFATURA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS | 29 |
| 3.1 A FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA (<i>LEAN MANUFACTURING</i>)..... | 31 |
| 3.2 SINCRONIZANDO PROCESSOS DE MANUFATURA..... | 37 |
| 3.3 ESTABILIZANDO PROCESSOS | 40 |
| 3.4 PADRONIZANDO PROCESSOS..... | 42 |
| | |
| 4 O QUE É MES | 47 |
| 4.1 MESA | 50 |
| 4.1.1 O modelo MES da MESA..... | 50 |
| 4.1.2 <i>Instrumentation Systems and Automation Society (ISA)</i> | 52 |
| 4.1.2.1 O modelo MES da ISA | 52 |
| 4.2 PRINCIPAIS FORNECEDORES DE MES | 54 |
| 4.3 <i>ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)</i> | 54 |
| 4.4 INTEGRAÇÃO ENTRE MES E ERP | 54 |
| 4.5 MES E MANUFATURA ENXUTA..... | 55 |
| 4.5.1 MES e a Redução de Desperdícios | 56 |
| 4.5.1.1 Integração de informações confiáveis | 56 |
| 4.5.1.2 Redução de Tempo de Ciclo | 55 |
| 4.5.1.3 Redução do Tempo de Troca de Modelo | 57 |
| 4.5.1.4 Redução do Tempo gasto para Registro Manual de Dados..... | 57 |
| 4.5.1.5 Redução dos Tempos de Espera | 57 |
| 4.5.1.6 Aumento da produtividade dos empregados..... | 57 |
| 4.5.1.7 Redução dos gastos administrativos | 58 |
| 4.5.1.8 Outros ganhos..... | 58 |
| | |
| 5. A GESTÃO DO CONHECIMENTO, SUA APLICAÇÃO SISTÊMICA PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO PRODUTIVO | 60 |
| 5.1 UMA ABORDAGEM FILOSÓFICA SUCINTA SOBRE A TEORIA DA COMPLEXIDADE E O CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL | 59 |
| 5.1.1 Sobre o Pensamento Complexo..... | 62 |
| 5.1.2 Sobre o Conhecimento..... | 64 |
| 5.1.3 A Complexidade da Realidade Organizacional | 66 |

| | |
|---|------------|
| 5.1.4 O Conhecimento Organizacional..... | 69 |
| 5.2 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PARA A SISTEMATIZAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO | 71 |
| 5.2.1 O desafio da articulação de lógicas..... | 75 |
| 5.2.2 Conhecimento Tácito e Explícito | 77 |
| 6 METODOLOGIA | 84 |
| 6.1 A ESPIRAL DO CONHECIMENTO..... | 84 |
| 6.2 INFORMAÇÕES GERAIS DO ESTUDO | 85 |
| 6.3 ABORDAGEM DO PENSAMENTO CIENTÍFICO | 86 |
| 6.4 ÁREA DE ESTUDO..... | 86 |
| 6.5 LINHA DE MONTAGEM AUTOMÁTICA | 87 |
| 6.6 ETAPAS DO TRABALHO..... | 89 |
| 6.7 COLETA DAS INFORMAÇÕES | 91 |
| 6.8 PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES..... | 92 |
| 6.9 TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES E AÇÕES..... | 92 |
| 7 RESULTADOS..... | 94 |
| 7.1 DIAGNOSTICAR O PROCESSO EXISTENTE ATRAVÉS DE INDICADORES DE DESEMPENHO | 94 |
| 7.2 IDENTIFICAR AS PRINCIPAIS CAUSAS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE (EXTRAÇÃO DE CONHECIMENTO TÁCITO) | 96 |
| 7.3 MELHORAR A QUALIDADE DAS DECISÕES GERENCIAIS (CONVERSÃO DO CONHECIMENTO TÁCITO EM EXPLÍCITO E EXPLÍCITO EM TÁCITO)..... | 98 |
| 7.4 FORNECER INFORMAÇÕES ESTRUTURADAS SOBRE PRODUTIVIDADE..... | 102 |
| 7.5 INFLUENCIAR O COMPORTAMENTO ATRAVÉS DE AÇÃO GERENCIAL.... | 103 |
| 8 CONCLUSÃO | 105 |
| 8.1 OPORTUNIDADES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 108 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 110 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Há muito, os administradores têm notado que o controle rigoroso de suas organizações é impraticável. Tamanho é o número de relações (interações) – internas e externas – propiciadas por sistemas de comunicação capazes de interligar os mais distantes e distintos indivíduos que é impossível controlar os resultados de todas as interações e combinações possíveis. Estudando cenários como esse, os cientistas da complexidade descobriram o que pode vir a trazer um grande alívio aos administradores: tais sistemas se auto regulam. Ao contrário, o administrador deveria olhar com atenção as propriedades que emergem conforme o sistema se auto-organiza e aprender formas de preservar as condições que propiciam a emergência das melhores soluções.

Cada vez mais os limites de ações gerenciais clássicas tornam-se evidentes: impossibilidade ou dificuldade de planejamento e controle totais, limites cognitivos à racionalidade, complexidade do mundo, etc. Como saída para evitar a rigidez burocrática, que tornaria ainda mais difícil a adaptação a rápidas e profundas mudanças, a ciência da complexidade nos acena com talvez a mais interessante característica dos Sistemas Complexos Adaptativos (SCA): a capacidade de auto organização. “Se as organizações humanas são de fato sistemas complexos adaptativos, elas também têm a possibilidade de se auto-organizarem e de se tornarem mais robustas. Crê-se que, compartilhando os conhecimentos que vão sendo adquiridos por esta nova ciência, a administração poderá encontrar maneiras de estimular as condições para que tal potencial seja efetivado”.

Contudo, ainda assim, não se deve acreditar que a abordagem da complexidade será logo absorvida e aplicada facilmente pelos administradores atuais, pois ela envolve uma visão de mundo certamente conflitante com a abordagem mais usual, tanto na gestão como na formação dos profissionais.

Seguramente faltam ainda bons modelos para que o comportamento das organizações como sistemas complexos adaptativos sejam melhor entendidos. Provavelmente, também falta entendimento. No esforço de contornar os limites da administração clássica, surgem a cada dia inúmeras alternativas organizacionais

que, de uma maneira ou de outra, prometem mostrar o caminho para organizações mais adaptativas. Por mais distintas que possam parecer tais alternativas têm um traço em comum: sugerem a ideia da atuação autônoma, tomando o espaço do comportamento dirigido externamente. Colocando em outras palavras, ainda que implicitamente, elas relacionam adaptação à auto-organização.

1.2 OBJETIVO GERAL

Aplicar sistemicamente a Gestão do Conhecimento para o fortalecimento da identidade do SCA de manufatura permitindo-lhe melhor previsibilidade de seu comportamento com maior capacidade de geração de conhecimentos e adaptação para a obtenção da melhoria contínua de seu desempenho de forma autônoma. Essa solução sistêmica será implantada com o auxílio da tecnologia da informação denominado de MES (*Manufacturing Execution Systems*), nos processos produtivos de montagem de produtos eletrônicos de uma fábrica localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM) e, que devem assegurar a rentabilidade e competitividade da sua organização empresarial. Por último, será demonstrado nesse estudo de caso como a aplicação sistêmica da Gestão do Conhecimento acelera o enraizamento da mudança cultural da organização a partir da conscientização da filosofia de manufatura enxuta e aplicação de suas ferramentas de forma interativa e empírica.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ampliar a percepção do ambiente produtivo pelas interações dos agentes dos SCA de produção, melhorando a extração de conhecimentos tácitos e sua transformação em conhecimentos explícitos para a disseminação das melhores práticas de ações produtivas. Com isso, possibilitar melhorias do desempenho bem como a possibilidade de propiciar inovações. Tais desempenhos são avaliados por meio de indicadores chaves de desempenho e, que conjuntamente com as ferramentas da qualidade introduzidas com a filosofia de manufatura enxuta, auxiliam na identificação das principais causas das perdas produtivas.

Além disso, a Gestão do Conhecimento, auxiliada pelo MES, propiciará a melhoria da qualidade das decisões gerenciais fornecendo informações estruturadas sobre os desempenhos dos mais variados contextos produtivos e, com isso, fortalecer a definição da identidade da organização para que, de forma autônoma, possa influenciar no comportamento colaborativo dos agentes a fim de se obter maior capacidade de auto-organização.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A limitação da presente pesquisa está em analisar a produtividade apenas de parte do processo produtivo – na Inserção Automática de Componentes (IAC) – não concentrando esforços na produtividade de outros processos, tais como os da Montagem Final e Testes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ORGANIZAÇÕES COMO SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA)

As organizações são sistemas que se caracterizam por possuir agentes, ou partes, formadas por seres humanos e a descrição de seu comportamento se define pelas interações de suas partes através de sistemas de comunicação. Segundo a definição de Simon (1997) "o termo *organização* refere-se ao complexo padrão de comunicação e de relacionamentos em um grupo de seres humanos". Neste trabalho será dada atenção às organizações empresariais de manufatura, e particularmente do subsistema produtivo.

A globalização da economia com a grande diversidade de empresas concorrentes de diversos países, com diferentes regimes políticos e legislativos, faz com que o processo de competitividade se torne cada vez mais imprevisível e complexo para se estabelecer uma ordem mais estável para estes mercados. Nesse contexto de mudanças, o modelo clássico de gestão administrativo-organizacional, baseado na linearidade e reducionismo de sua estrutura, tem se mostrado inadequado para a avaliação e determinação do comportamento organizacional. Nesse sentido, tem se mostrada mais pertinente uma abordagem a partir dos conceitos de um Sistema Complexo Adaptativo, SCA, e será esta abordagem que será apresentada neste trabalho.

2.2 OS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA)

Por muitos anos, cientistas tomaram o universo como um lugar linear onde regras simples, de causa e efeito, eram aplicadas. Eles viam o universo como uma grande máquina e pensavam que se a máquina fosse desmontada e suas partes compreendidas, então os cientistas entenderiam o todo a partir das partes. Eles também pensavam que os componentes do universo podiam ser vistos como máquinas acreditando que, em se trabalhando nas partes destas máquinas e fazendo com que cada parte funcionasse melhor, então o todo funcionaria também melhor. Os cientistas acreditavam que o universo, e tudo nele contido, poderiam ser previsto e controlado.

Mesmo usando os mais poderosos computadores do mundo, o clima no

mundo continuava imprevisível. Apesar de intensos estudos e análises, ecossistemas e sistemas de imunidade não se comportavam como se esperava. Mas foi no mundo da física quântica que fortes descobertas foram sendo realizadas e, aparentemente, sub partículas nucleares muito menores comportavam-se de acordo com um conjunto de regras diferentes a causa e efeito.

Gradativamente enquanto cientistas de todas as disciplinas exploravam este fenômeno, uma nova teoria emergia – a teoria da complexidade. Uma teoria baseada em relações, emergência, padrões e interações. Uma teoria que sustenta que o universo é repleto de sistemas, sistemas meteorológicos, sistemas de imunidade, sistemas sociais, etc. e que estes sistemas são complexos e constantemente adaptados aos seus ambientes. Sistemas adaptativos complexos, portanto. O que pode ser ilustrado na Figura 1 abaixo:



Figura 1 - Sistemas Complexos Adaptativos

Fonte: Peter Freyer (2013)

Os agentes no sistema são todos os componentes daquele sistema. Por exemplo, o ar e as moléculas d'água no sistema meteorológico e a fauna e a flora num ecossistema. Esses agentes interagem e se conectam uns aos outros de formas imprevisíveis e não planejadas. Porém, dessa massa de interações, regularidades emergem e começam a formar um padrão que realimenta o sistema e informa as interações entre os agentes. Por exemplo, num ecossistema, se um vírus começa a empobrecer uma espécie isso resulta em maior ou menor quantidade de comida para outros naquele sistema, afetando seu comportamento e seus números. Um período de fluxo ocorre em todas as populações, no sistema, até que um novo equilíbrio seja estabelecido. Como esclarecimento, na

figura acima as regularidades, padrão e realimentação são mostradas fora do sistema, mas, na realidade, são todas partes intrínsecas do sistema.

O comportamento dos SCA é indeterminístico e descritos pelas interações entre as suas partes e com o seu meio ambiente. As mudanças internas e do meio fazem com que haja desvios de comportamento do sistema em relação ao esperado, onde tais desvios podem ser corrigidos ou minimizados, para que o sistema apresente um comportamento mais estável, mesmo que os resultados não sejam exatamente o esperado. Por outro lado, se tais desvios são amplificados para além de determinados limites críticos, o sistema se torna instável e ocorrem fenômenos de transição que o levam para uma diferenciação interna e, conseqüentemente, um comportamento complexo (NICOLIS e PRIGOGINE, 1989).

Os pontos de diferenciação são pontos de escolhas, entre diversas opções, de mudanças adaptativas que buscam levar o sistema de volta para a estabilidade, que nesse caso, representa um comportamento aceitável do ponto de vista de previsibilidade. As escolhas que forem sendo feitas ao longo das adaptações para as mudanças ocorridas, criam pontos de referência para descrever a história evolutiva de seu processo de adaptação (GELL-MANN, 1994). Entretanto, as escolhas das mudanças não são feitas de forma aleatórias, em geral, elas representam escolhas baseadas em conhecimentos adquiridos a partir de experiências em mudanças anteriores, e que por sua vez, obtiveram resultados aceitáveis na recuperação da estabilidade. Essas escolhas se fazem semelhantes ao processo seletivo da evolução biológica, em que as informações dos genes são repassadas hereditariamente através das gerações, e que deverão tê-los como referência para as adaptações que se fizerem necessárias para se estabilizar diante das mudanças atuais, e assim por diante (DAWKINS, 2009).

No caso do sistema organizacional de uma empresa, este procura estabelecer e realizar eficientemente suas metas estratégicas de forma colaborativa pelos seus agentes que a compõem, apesar do fato de que esses agentes se especializam em metas operacionais distintas. Essas especializações ocorrem em função de que cada agente, ou indivíduo, em particular passa a interagir com o ambiente de maneiras diversas daqueles outros indivíduos que acabam por se especializarem em metas distintas. Como exemplo, é possível

citar a especialização do indivíduo que possui como meta aumentar as vendas das empresas e outro que tenha como meta realizar melhorias da produção, suas interações com o ambiente são diferentes, e, conseqüentemente, suas escolhas e adaptações também. Entretanto, é importante salientar que, no caso de organizações onde os agentes são seres humanos, esses possuem capacidade de inferir no processo através de escolhas individuais onde, normalmente, prevalece as escolhas em função de seus interesses pessoais ou da condição de conforto para sua realização, mas, agindo de forma cooperativa suas escolhas individuais devem convergir para os interesses da organização. No caso particular da organização de manufatura, seria possível dizer que seus agentes se diferenciam dos demais indivíduos da organização, por interagirem com o meio específico de produção de forma diferente (exemplo: o indivíduo responsável pela produção interage diferentemente do indivíduo responsável pela manutenção), mas fazendo escolhas e agindo de forma colaborativa para o objetivo comum de melhoria do desempenho produtivo.

Ainda segundo Gell-Mann (1994),

um SCA adquire informações sobre seu ambiente e de sua própria interação com aquele ambiente e identifica as regularidades existentes nessas informações, condensando as regularidades em um tipo de 'schema' ou modelo e agindo no mundo real com base naquele schema. Em cada caso, há vários schemata competindo e os resultados da ação no mundo real são retroalimentados para influenciar a competição entre os schemata"

Por conseguinte, a propriedade básica dos SCA descrita anteriormente é a adaptação, no sentido de que o sistema é capaz de ajustar o seu comportamento a partir do que consegue perceber sobre as condições do seu meio ambiente e sobre seu desempenho. Em resumo, se pode dizer que os SCA aprendem e se adaptam a partir desses aprendizados (AGOSTINHO, 2003).

Segundo Holland (2012), uma característica importante dos sistemas complexos adaptativos é a sua capacidade de aprender à medida que interagem com o ambiente, isto é, um sistema complexo adaptativo é aquele cujos componentes, os agentes adaptativos, interagem entre si de modo a produzir aprendizagem. Em função do aprendizado, esses sistemas estão em constante evolução, pois mudam os tipos de interação entre agentes adaptativos de acordo com a experiência adquirida na sua relação com o ambiente. Por outro lado, se o

sistema atingir equilíbrio estável, isto significa a sua morte (GLEISER, 2010).

Outra importante característica observada nos SCA é a *coerência*. Ela persevera as ações mesmo diante de profundas mudanças. Afinal, é essa coerência que garante a permanência, ou a estabilidade, de um padrão que permite atribuir uma identidade ao sistema, denominada de *identidade emergente* que não pode ser reconhecida nas partes, mas apenas pelo todo (AGOSTINHO, 2003). Segundo Holland (2012)

Os SCA são bastante diferentes da maioria dos sistemas estudados cientificamente. Exibem coerência sob mudança, via ação condicional e previsão, fazendo isso sem direção central. Ao mesmo tempo, parece que os SCA têm pontos críticos, de alta sensibilidade, onde pequenas variações de entrada produzem grandes e direcionadas mudanças.

Por outro lado, Simon (1997) se refere em relação à coerência, como sendo um complexo padrão de comunicação e de relacionamento de um grupo de seres humanos, que permanece de forma independente dos indivíduos que o formam ou das mudanças ocorridas ao longo do tempo. Isso é observado nas empresas centenárias. Exibir “coerência” sem “direção central” significa dizer que tais sistemas se auto-organizam; isto surge uma vez que as partes, ou agentes, que compõem o sistema são ativos, tem autonomia para orientarem suas ações de acordo com o que aprendem de sua interação com o meio ambiente (AGOSTINHO, 2003).

Assim sendo, se pode afirmar que os SCAs são sistemas inteligentes, visto que assimilam e integram a si próprio o aprendizado obtido pelas suas experimentações e avaliações de resultados, através de suas interações com o ambiente. Esse aprendizado resulta nas suas escolhas de adaptação diante das mudanças desordenadoras que levam às transições.

Nos tópicos a seguir serão inicialmente aprofundados os conceitos do ambiente e da gestão de uma organização de manufatura, comparando a abordagem determinística reducionista e a abordagem baseada na teoria da complexidade e do caos, apresentando as características da manufatura como sendo um SCA. A seguir será descrita a forma que é possível interpretar a complexidade de um sistema, ao se tentar medir esta complexidade. É importante observar que uma medição quantitativa tem se mostrado inapropriada dada à diversidade dos sistemas complexos e o que se tem buscado é uma medição

qualitativa que se mostre coerente com o entendimento intuitivo da complexidade.

2.3 A TEORIA DA COMPLEXIDADE E DO CAOS NA DESCRIÇÃO DO AMBIENTE COMPLEXO DO SCA DE MANUFATURA.

A economia e as empresas se caracterizam, cada vez mais, como sendo sistemas complexos adaptativos que só conseguem sobreviver, crescer e evoluir na região da complexidade, que se define como sendo o estado limite entre a ordem e o caos. Este estado de complexidade é um estado paradoxal, no qual o comportamento é ambíguo, ou seja, minimamente estável para que o sistema não se desintegre e minimamente instável para que não fique estagnado. Ambos ocorrem simultaneamente. Nesse estado, o sistema se torna extremamente versátil e inovativo. Entretanto, se o sistema ficar no estado ordenado por um longo tempo, ele perde sua capacidade de flexibilidade e adaptação e, diante de uma mudança, terá poucas chances de sobreviver. Por outro lado, se fica no estado desordenado por um longo período de tempo, o mesmo se desintegra (CUNHA, 2001; PARKER e STACEY, 1995; PASCALE et al., 2000).

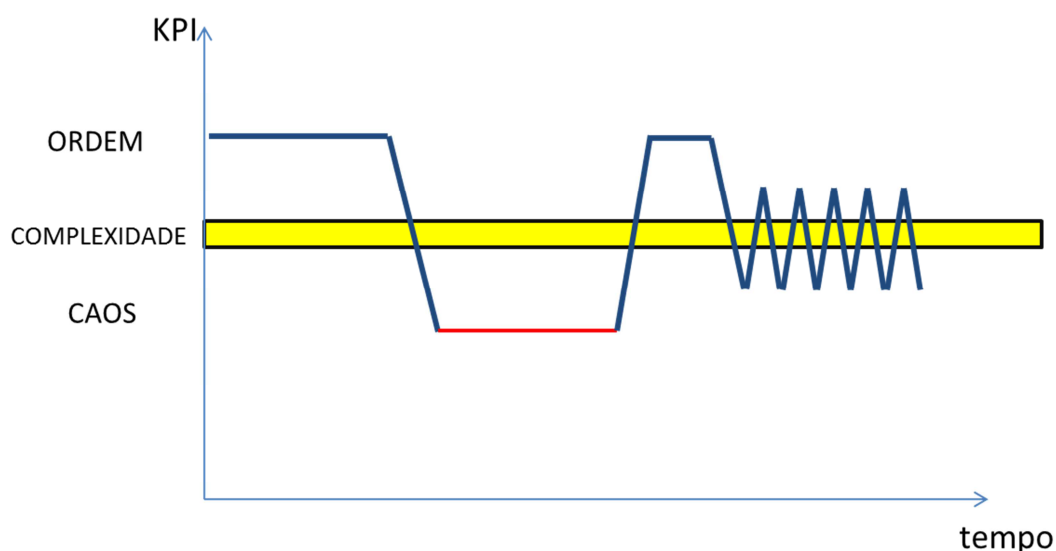


Figura 2 - Gráfico das regiões de comportamento dos sistemas complexos

Uma questão importante a ser inicialmente considerada é de que os gestores de organizações empresariais devem mudar o modelo mental em relação ao que representam as mudanças, e procurar interpretá-las como oportunidades, e não tão somente como ameaças. Compreender que a

estabilidade é uma necessidade do conforto humano, baseada na percepção de segurança pela previsibilidade do amanhã, mas tal necessidade não é da natureza que tem se mostrada dinâmica e inovadora, buscando na diversidade e mudanças sua principal fonte inovadora e evolutiva. Devem ser lembradas, então, as sábias palavras do filósofo grego pré-socrático Heráclito: “A única coisa permanente é a mudança”. Portanto, se faz necessário que os gestores procurem entender a instabilidade como uma força propulsora da criatividade e inovação e que se tenha a capacidade de realizá-la de forma sistêmica para estabelecer parâmetros de instabilidades que não sejam desintegradoras da organização.

É a dinâmica das realimentações positivas e negativas que mantêm o comportamento instável dos sistemas complexos. Esta instabilidade estrutural é vital para a capacidade do sistema ser criativo continuamente. Nas pesquisas com organizações, Parker e Stacey (1995), afirmam que a organização criativa, inovadora e que sobrevive e tem êxito, parece ser aquela que os processos de realimentação positiva e negativa operam simultaneamente. Em outra oportunidade, Stacey (1994; p.65), reafirma a necessidade da instabilidade nos negócios, da seguinte forma: “Na verdade, um negócio teria que apresentar instabilidade se fosse inovador. Sistemas, êxito e instabilidade estariam intimamente interligados”.

Pesquisadores como Nonaka e Takeuchi (1997), Pascale et al. (2000), Thorow (2001) e Sull e Escobari (2004), sugerem aos administradores a criação intencional de desequilíbrio e crises com o objetivo de fomentar novas ideias e respostas inovadoras. O uso do conceito de “caos criativo” mostra à organização a necessidade de ação imediata, evitando que os funcionários acreditem, erroneamente, que dispõem de tempo à vontade para reagir ou que continuem a repetir o que deu certo no passado.

A teoria do caos e da complexidade foi um passo importante para o reconhecimento de que no mundo do setor produtivo, as coisas são consideravelmente mais complexas do que na visão clássica do determinismo newtoniano. O comportamento dos sistemas dinâmicos complexos é não linear e indeterminístico, exibindo certas propriedades como, por exemplo, *dependência das condições iniciais* do sistema e dos *efeitos de realimentação negativa e positiva* que houver. Segundo Richard Pascale (2000), muitas empresas ainda são administradas como máquinas, segundo os princípios da engenharia social:

“Os líderes são a cabeça, a organização é o corpo, a inteligência está localizada no topo da organização. Acreditando que as mudanças são previsíveis e podem ser antecipadas, pelo menos no horizonte de implantação dos planos de ações idealizados. As decisões tomadas são comunicadas e executadas fielmente ao longo da cadeia de comando”. Na prática, no entanto, a realidade tem se mostrado bem diferente destes conceitos, principalmente com a globalização da economia e o crescimento de agentes externos que passaram a interagir direta e indiretamente com as empresas, tornando o comportamento do mercado muito mais complexo e imprevisível no médio e longo prazo.

A inovação tecnológica tem sido um importante e frequente fator de mudanças que provocam desestabilização e indeterminismo nas empresas, transformando o comportamento dos mercados. Pode-se afirmar que a inovação e a instabilidade são propriedades de sistemas complexos adaptativos que funcionam no limite do caos e as empresas, para sobreviverem, precisam ser capazes de se adaptar, de inovar, enfim de se auto organizar. As organizações aprendem e evoluem por meio da habilidade de processar informações que chegam do ambiente. Essas organizações têm uma capacidade cognitiva formada por sua cultura, história, memória, rotinas, procedimentos e as pessoas que fazem parte dela. Assim como nós, as organizações são capazes de aprender e o grande desafio é estimular e sistematizar o aprendizado.

Em princípio, pode-se considerar o comportamento do processo de manufatura como sendo determinístico, visto que os recursos necessários para a sua realização, tais como matéria prima e capacidade produtiva, podem ser planejados previamente e as operações de transformação ao longo do processo produtivo são definidas de forma padronizada. Entretanto, são muitas as variáveis independentes que fazem parte das interações dos agentes que atuam direta e indiretamente no fluxo do processo produtivo, que se realimentam de forma positiva (desordenadora) e negativa (ordenadora) simultaneamente, tornando impraticável estabelecer uma relação de causa e efeito em relação ao comportamento observado, o que torna o processo complexo e, no médio e longo prazo, passam a ter um comportamento não determinístico.

Como exemplo de eventos desordenadores e ordenadores que acontecem ao longo de um processo produtivo, com características de realimentações positivas e negativas respectivamente, na interação dos agentes,

e que caracterizam o comportamento complexo da produção em relação ao planejado. Podem-se citar os:

- Conforme descrito anteriormente pela Teoria do Caos, os sistemas complexos são dependentes das condições iniciais, e será demonstrado que no SCA da organização da manufatura esse é um dos principais fatores desordenadores do processo produtivo. Como exemplo será considerada a variável relativa ao fornecimento de insumos que, invariavelmente, é comprometida por outras variáveis que resultam na incerteza de fornecimento na data prevista, por falta ou atraso de entrega do fornecedor, ou por problemas burocráticos alfandegários. Tal situação pode levar a uma mudança desordenadora que compromete o custo de produção, atendimento de pedidos e perdas de vendas (realimentação positiva). Em geral, em situações como esta, o replanejamento da produção é feito de forma a minimizar as perdas por parada e atraso das entregas de produção (realimentação negativa).
- Outro exemplo característico do comportamento complexo do SCA da organização da manufatura é a convivência simultânea das interações do processo produtivo que apresentam realimentações negativas (ordenadoras) e realimentações positivas (desordenadoras). Como exemplo, serão apresentadas as perdas de produtividade devido às falhas operacionais acumulativas que comprometem a realização da produção, conforme planejado. Um exemplo bastante elucidativo é o da ocorrência de perdas frequentes por ritmos de produção e minúsculas paradas que, em geral, não são perceptíveis pela observação humana no curto prazo, mas que irá representar perdas significativas no médio e longo prazo, desordenando todo o planejamento (realimentação positiva). Esse fato impacta diretamente na capacidade de reação corretiva, pois, quando detectada essa perda acumulada é irrecuperável, sendo necessário como ação adaptativa para minimizar essa perda, se ainda for possível, a produção em horas extras que resulta na exacerbação dos custos de produção (realimentação negativa).

Segundo Nussenzveig (1999, p.83).

Ao longo da evolução dinâmica de um sistema complexo, cada unidade tenta adaptar seu estado, de acordo com as solicitações que recebe das outras às quais está ligada, com o objetivo de aperfeiçoar algum parâmetro particularmente importante.

Uma das características que definem os sistemas complexos é o fato do todo não poder ser explicado como a soma das propriedades das partes já que elas exercem tal influência umas sobre as outras, e que seus comportamentos se distanciam significativamente daqueles exibidos pelas partes isoladas. O que se observa é que o comportamento do todo não pode ser descrito como sendo resultado do comportamento de suas partes.

Constata-se que, em relação aos sistemas dinâmicos não lineares, ao contrário dos sistemas lineares, o todo é maior que a somatória de suas partes. No caso de organizações de manufatura, isso representa o esforço sinérgico dos agentes, ou partes, para o objetivo maior da organização que é a melhoria do desempenho produtivo, apesar das especializações de seus agentes por possuírem metas e interações diferentes com o meio produtivo.

2.4 AS PROPRIEDADES DOS SISTEMAS COMPLEXOS ADAPTATIVOS (SCA)

Sistemas adaptativos complexos têm muitas propriedades e as mais importantes são:

- **Emergência:** Ao invés de serem planejados ou controlados, os agentes do sistema interagem de maneira aparentemente aleatória. De todos esses padrões de interação emerge o comportamento dos agentes dentro do sistema e o comportamento do sistema em si. Por exemplo, um cupinzeiro é uma peça de arquitetura maravilhosa, com um labirinto de passagens de interconexões, grandes cavernas, túneis de ventilação e muito mais. E não houve nenhum grande plano; o morro apenas surge como resultado dos cupins seguirem algumas regras simples.
- **Co-evolução:** Todos os sistemas existem dentro de seu próprio ambiente e eles também fazem parte desse ambiente. Portanto, quando o ambiente muda o sistema, também precisa mudar para garantir um melhor ajuste. Mas, porque eles fazem parte de seu

ambiente, quando mudam, mudam de ambiente, e, como ele muda, eles precisam mudar novamente e assim por diante como um processo constante.

Algumas pessoas fazem uma distinção entre sistemas complexos adaptativos e sistemas complexos em evolução, quando o sistema adapta-se continuamente às mudanças ao seu redor, mas não aprende com o processo. E quando ele aprende e evolui a partir de cada mudança, permitindo-lhe influenciar o seu ambiente para melhorar as mudanças prováveis no futuro, e prepará-los nesse sentido:

- Sub ideal: Um sistema complexo adaptativo não precisa ser perfeito para prosperar no seu ambiente. Ele só tem de ser ligeiramente melhor do que seus concorrentes e toda a energia utilizada em ser melhor do que isso é desperdício de energia. Um sistema adaptativo complexo, uma vez que atingiu o estado de ser bom o bastante, terá um trade off de eficiência cada vez maior em favor de uma maior eficácia.
- Variedades: Quanto maior a variedade dentro do sistema, mais forte ele é. Na verdade, a ambiguidade e o paradoxo abundam em sistemas adaptativos complexos que utilizam as contradições para criar novas possibilidades de co-evolução com o ambiente. Democracia é um bom exemplo em que a sua força deriva da tolerância e mesmo a insistência em uma variedade de perspectivas políticas.
- Conectividade: As formas em que os agentes em um sistema de contato se relacionam uns com os outros é fundamental para a sobrevivência do sistema, pois é a partir dessas conexões que os padrões são formados e os comentários divulgados. As relações entre os agentes são geralmente mais importantes do que os próprios agentes.
- Regras Simples: Sistemas adaptativos complexos não são complicados. Os padrões emergentes podem ter uma variedade rica, mas como um caleidoscópio, as regras que regem a função do sistema são bastante simples. Um exemplo clássico é que todos os sistemas de água no mundo, todos os córregos, rios, lagos, oceanos, cachoeiras etc., com sua infinita beleza, poder e variedade são regidas pelo

princípio simples de que a água encontra seu próprio nível.

- **Iteração:** Pequenas mudanças nas condições iniciais do sistema podem ter efeitos significativos após terem passado através do ciclo emergência-realimentação algumas vezes (muitas vezes referido como o efeito borboleta). A bola de neve rolando, por exemplo, os ganhos em cada rolo de neve são maiores do que cada rodada anterior e logo uma bola de neve do tamanho de um punho torna-se gigante.
- **Auto-organização:** não há hierarquia de comando e controle em um sistema complexo adaptativo. Não há nenhum planejamento ou gestão, mas há uma constante reorganização para encontrar o melhor ajuste com o ambiente. Um exemplo clássico é que se pode tomar qualquer cidade ocidental e somar toda a comida nas lojas e dividir pelo número de pessoas na cidade. Haverá perto de duas semanas de abastecimento de comida, mas não existe um plano alimentar, gerente de alimentos ou qualquer outro processo formal de controle. O sistema é auto-organizado continuamente através do processo de emergência e realimentação.
- **À Margem do Caos:** A teoria da complexidade não é o mesmo que a teoria do caos, que é derivada da matemática. Mas o caos não tem lugar na teoria da complexidade em que os sistemas existem em um espectro que vai do equilíbrio ao caos. Um sistema em equilíbrio não tem a dinâmica interna que lhe permita responder ao seu ambiente e lentamente (ou rapidamente) morrer. Um sistema no caos deixa de funcionar como um sistema. O estado mais produtivo é estar à beira do caos, onde há variedade máxima e criatividade, levando a novas possibilidades.
- ***Nested Systems:*** A maioria dos sistemas é aninhada dentro de outros sistemas e sistemas de muitos sistemas de sistemas menores. Se tomado o exemplo da própria organização e considerar uma loja de comida, a loja é em si um sistema com seus funcionários, clientes, fornecedores e vizinhos. Ele também pertence ao sistema alimentar daquela cidade e ao sistema maior de alimentos do país. Pertence ao sistema de varejo local e nacional e do sistema de economia local e nacional, e provavelmente muitos mais. Por isso, é parte de muitos

sistemas diferentes, a maioria dos quais são eles próprios parte de outros sistemas.

Sistemas Adaptativos Complexos são um modelo para pensar sobre o mundo que nos rodeia, não um modelo para prever o que vai acontecer. Descobri que em quase todas as situações que seja possível ver o que está acontecendo nos temos de Sistemas Adaptativos Complexos, abre uma variedade de novas opções que me dão mais opções e mais liberdade.

3 CRIANDO UMA CULTURA COLABORATIVA DO SCA DE MANUFATURA, A PARTIR DA FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA (*Lean Manufacturing*). ESTUDO DE CASO DA MANUFATURA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS

O núcleo conceitual do que se denominou de manufatura enxuta, mais comumente denominada de *Lean Manufacturing*, reside na sua filosofia de longa duração de crescimento com geração de valor para os clientes, para a sociedade e para a economia. Fundamentalmente, podemos usar a descrição do seu próprio criador Taiichi Ohno, que a descreve como tendo como principais objetivos o de produzir menos custos, em menores tempos de entrega e a melhoria da qualidade por meio da eliminação do desperdício (WILSON, 2010). Ou seja, para que os conceitos da manufatura *Lean* sejam aplicados eles devem fazer parte da cultura da organização.

É a cultura da consciência; de conhecer exatamente o que acontece nos processos. Grande parte dos gerentes das empresas tem apenas noção superficial de suas realidades. Eles são embaraçados por: visitarem pouco o chão de fábrica, sistemas de informação empobrecidos, metas e objetivos pouco claros constantes mudanças de filosofia, problemas de qualidade e operacionais. Estes fatores todos juntos resultam em uma cultura de caos e insegurança (WILSON, 2010).

Em geral, adotar a filosofia *Lean* exige grandes e profundas mudanças culturais. Devendo haver uma forte liderança para incentivar o interesse por mudanças, estimulando a melhoria das competências na interpretação e solução dos problemas. Antes de se introduzir uma descrição sucinta desta filosofia, será descrita brevemente a conceituação dos tipos de processos produtivos e os tipos de produção empurrada e puxada, lembrando que o *Lean*

determina a produção puxada como fator de sincronização do fluxo do processo produtivo

O processo produtivo de uma organização de manufatura pode ser de dois tipos: processos contínuos e discretos. É importante lembrar que em qualquer um dos dois tipos de processos produtivos, se faz necessária sua contextualização operacional para que se realize um diagnóstico e avaliação de desempenho que permita elaborar estratégias de gestão para a melhoria de competitividade e rentabilidade da sua produção.

O *processo contínuo* representa bens ou serviços que não podem ser identificados individualmente. Conforme definição da American Production and Inventory Control Society (APICS), *apud* Fransoo e Rutten (1993, p.48):

As indústrias de processos contínuos são aquelas que adicionam valor aos materiais através de mistura, separação, conformação ou reações químicas. O processamento pode ser tanto contínuo como em bateladas (lotes) e geralmente requerem rígido controle do processo e alto investimento de capital.

Exemplos de produtos de processo produtivo contínuo: líquidos como tinta, fibras pulverizadas, gases e outros.

O *processo discreto* representa a produção de bens ou serviços que podem ser isolados em lotes ou unidades, podendo ser identificado individualmente. Os processos discretos são subdivididos em: processos repetitivos em massa (exemplo: fabricação de chip de memória de computador); processos repetitivos em lotes (exemplo: um específico modelo de aparelho de televisão); processos por projeto (projeto de molde de injeção plástica). O tipo de fluxo de processo produtivo discreto pode ser de duas formas:

- *Flow Shop*: Todas as tarefas têm fluxo de processos idênticos e requerem a mesma sequência das operações (exemplo: embreagem de carro).
- *Job Shop*: As tarefas têm diferentes fluxos de processo e podem requerer sequências significativamente diferentes das operações (exemplo: moldes e ferramentas).

Neste trabalho será considerado o sistema de manufatura como sendo de processos discretos do tipo *Flow Shop*. Entretanto, pode-se considerar de forma genérica, que qualquer sistema produtivo é formado por cinco grupos ou agentes,

onde cada grupo é formado por indivíduos que se diferenciam entre si pelos objetivos com que interagem com o meio ambiente produtivo. Tais grupos apesar de serem diferenciados, atuam cooperativamente para atingir o objetivo da organização como um todo, que é o de produzir com produtividade e rentabilidade, fabricando produtos com valor de aquisição competitivo, pontualidade e qualidade para os seus clientes.

É importante salientar que para compreender melhor o comportamento de uma SCA de manufatura, se faz necessária uma definição filosófica de sua gestão, para que seja possível ter referências comparativas entre o que se obtém e o que se planeja, e os padrões de comportamentos que deverão ser identificados para que sejam compreendidos. Deve ser salientado que um pensamento filosófico não deve estar diretamente relacionado com a aplicação prática dos conhecimentos desvelados sobre o logotipo (o quê, por que e como) do sistema observado, mas deve estruturar conhecimentos que possam descrever padrões de seu comportamento e correlacioná-los entre si, tanto quanto possível. É possível chamar esses conhecimentos estruturados de ciência, e sua aplicação para transformar o sistema observado, de tecnologia.

Portanto, será proposta uma filosofia de gestão produtiva que atenda os princípios abordados sobre os conceitos das SCA que é denominada de manufatura enxuta. Essa filosofia é importante para mudarmos o modelo mental das pessoas e estabelecer as bases para uma cultura produtiva mais colaborativa para a sinergia que favoreça os objetivos da organização.

3.1 A FILOSOFIA DA MANUFATURA ENXUTA (*LEAN MANUFACTURING*)

Em 1988 um grupo de pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), coordenados por James P. Womack (1992), examinou várias indústrias automotivas internacionais e observou um comportamento singular na maior de todas as montadoras de carro japonesas, a *Toyota Motor Company*. Os pesquisadores compararam a produção em massa, tradicional nas outras indústrias com o estilo *Toyota* de produção e concluíram que a *Toyota*:

- Necessitava de menos investimentos para atingir o nível de produção necessária;
- Precisava de menos esforço para projetar e fabricar seus produtos e

serviços;

- Usava poucos fornecedores;
- Produzia com baixo índice de defeito;
- Requeria pouco estoque em cada etapa de produção;

Womack (1992) e equipe concluíram que uma empresa com essas características, que usa menos em tudo, seria uma companhia *Lean*, ou seja, enxuta.

Pouco depois, o sistema *Toyota* de Produção obteve tamanho sucesso na indústria automobilística que se tornou referência na indústria internacional. Segundo Womack (1992), o Sistema de Produção Enxuta une as vantagens da produção artesanal, onde os trabalhadores são altamente qualificados e as ferramentas são flexíveis para produzir, precisamente, o que o cliente deseja, às vantagens da produção em massa, com baixo custo e elevada produtividade.

Historicamente, o modelo de gestão apresentado surgiu com uma proposta revolucionária de produtividade e foi denominada, inicialmente, de modelo *Toyota* de produção. Mais tarde por meio de um estudo elaborado por pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), foi feita uma formulação academicamente mais estruturada, que se convencionou chamar-se de gestão da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*).

Um processo *Lean*:

- Utiliza menos matéria prima;
- Requer menos investimento;
- Usa menos estoques;
- Consome menos espaço e menos recursos humanos.

Um processo *Lean* caracteriza-se por um fluxo e previsibilidade que reduzem severamente as incertezas e caos de típicas plantas de manufatura. As pessoas trabalham mais confiantes e com maior tranquilidade diferentemente do cenário caótico de constantes mudanças do plano de produção e horas extras de operação (WILSON, 2010).

O maior objetivo a ser alcançado por uma manufatura enxuta é a redução do tempo de atravessamento no fluxo do processo produtivo, *lead time*, medido desde o início com o recebimento da matéria prima, transformando-a, até a sua

finalização, como produto acabado na mão do cliente, tendo o menor custo de fabricação, com qualidade assegurada e na data prevista de entrega. Quanto menor o lead time, melhor o fluxo de caixa e a rentabilidade da empresa. Basicamente este conceito procura identificar, no fluxo de valor do processo produtivo, a classificação das atividades que agregam valor para o produto, no que se refere à visão de decisão de compra do mercado e que deverão ser racionalizadas e aprimoradas constantemente. Também deverão ser identificadas as atividades que não agregam valor, mas são importantes para a funcionalidade do fluxo produtivo. Como exemplo, podem ser mencionadas as atividades de manutenção dos equipamentos produtivos. Por último, devem ser identificadas as atividades que não agregam valor e não são necessárias e que, na medida do possível, deverão ser eliminadas por serem somente perdas. Em resumo, os principais objetivos estratégicos da filosofia de manufatura enxuta são: produzir com menos material; produzir com menos investimentos; produzir com menos inventário; produzir com menor espaço; produzir com menos pessoas.

A manufatura enxuta considera sete tipos principais de perdas, a saber:



Figura 3 - Os sete tipos de perdas do processo produtivo, segunda a filosofia de manufatura enxuta

Fonte: <<http://www.citisystems.com.br>>

- Perdas por Excesso de Produção: Produzir mais que o planejado, o

que acaba por derivar nas demais perdas descritas a seguir, como aumento de estoques de inventário, aumento de transportes desnecessários e outras. Muitas são as razões para a ocorrência desse tipo de perda, mas sua causa principal é a incerteza da capacidade produtiva interna em atender as demandas contratadas com: a quantidade certa; a qualidade exigida e os prazos de entrega previstos.

- Perdas por Esperas: Este tipo de perda ocorre quando trabalhadores e máquinas ficam parados, esperando, por alguma razão, para retomar suas atividades. Existem diversas razões que ocasionam esse tipo de perda, sendo a mais comum o desbalanceamento no fluxo do processo produtivo.
- Perdas por Transportes Desnecessários: Esse tipo de perda ocorre devido à movimentação de produtos semi-elaborados e acabados em torno do processo. Ela ocorre principalmente entre as fases do processo produtivo.
- Perdas por Excesso de Operações Produtivas: Essa perda ocorre quando se faz operações desnecessárias em relação ao que agrega valor para o cliente. Em geral, a origem dessa perda ocorre quando os engenheiros especificam mal o projeto do produto, ou a escolha de equipamentos inadequados para a realização das operações do processo que deverá produzi-lo. A escolha de equipamentos inadequados, acaba por exigir mais processamento e recursos do que realmente seriam necessários.
- Perdas por Movimentação de Pessoas Desnecessariamente: Esse tipo de perda ocorre, em geral, por falta de organização e padronização das operações produtivas, bem como da organização e padronização dos armazenamentos de materiais produtivos e não produtivos. Um exemplo de tal perda acontece quando um operador se movimenta à procura de ferramentas ou materiais para realizar o seu trabalho. É importante assegurar que os movimentos que as pessoas fazem durante a produção, estejam agregando valor para o fluxo de produção.
- Perdas por Excesso de Inventário: Essa é uma perda clássica. Em geral, todos os inventários são perdas a não ser que o inventário se traduza diretamente em vendas. São três as causas da geração de

inventários: Constantes variações de demanda dos clientes, ou demandas sazonais maiores que a capacidade produtiva instalada; Balanceamento entre fases do processo produtivo; Estoque de segurança que ocorre devido à incerteza da capacidade produtiva e da qualidade de entrega entre as fases do processo produtivo.

- Perdas por Problemas de Qualidade: Essa perda, comumente denominada de sucata, representa não somente a perda de venda do produto, mas também o desperdício de todos os recursos utilizados na sua produção.

Deve ser acrescentado um oitavo tipo de perda considerado importante, principalmente levando em consideração a abordagem como foi avaliado o comportamento de um SCA de manufatura.

- Perdas do Conhecimento Adquirido: Essa perda decorre da ausência de uma gestão do conhecimento. Muitos conhecimentos adquiridos pelas experiências de realizações passadas, em relação a erros e perdas produtivas, se perdem na memória ou *na* mudança das pessoas que as obtiveram. Em consequência disso, a recorrência de mesmos erros e perdas se tornam frequentes.

Observando a Figura 4, que apresenta um templo das boas práticas do processo produtivo de uma manufatura com filosofia enxuta, seus degraus representam as melhorias incrementais que surgem das ocorrências de desvios e perdas do dia a dia e da interação dos agentes com as mesmas. Deve ser notado que o templo tem a forma de uma casa pelo fato de ser um sistema estrutural, o qual apenas será forte se o telhado, os pilares e as fundações também o forem.

Cada elemento do templo é crítico, porém o mais importante é a forma que os elementos se interligam. Caso um elemento esteja fragilizado, todo o sistema também se fragiliza. Os aprendizados e adaptações se fazem pontualmente. Serão necessárias as cinco colunas de sustentação para que se tenha a eliminação das perdas de forma sistêmica e que seja assegurado o atendimento à demanda do mercado com qualidade, pontualidade e custo competitivo. Porém, a rentabilidade terá uma forte influência das variáveis de mercado, tais como aumentos dos preços de insumos que sejam commodities e

de difícil negociação e que o mercado não aceite assimilar o repasse dos custos que possam advir destes aumentos. Cabe então à organização recuperar sua margem de rentabilidade e iniciativas criativas e inovadoras para diminuição dos seus custos de transformação ao longo do seu fluxo do processo produtivo.

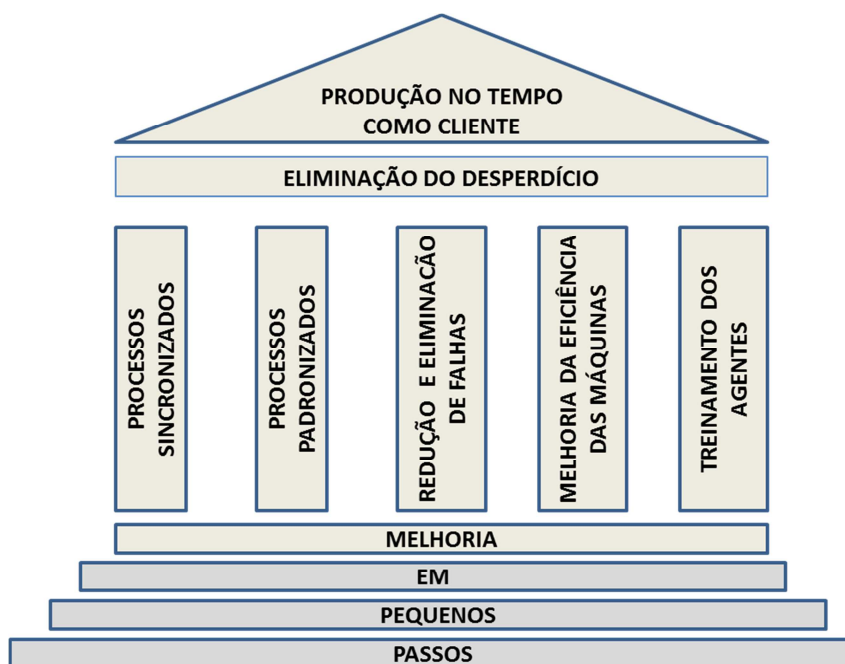


Figura 4 - Templo das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta

O pensamento enxuto concentra fortemente a atenção na eliminação dos desperdícios e melhoria dos fluxos, porém há efeitos colaterais: a qualidade melhora, o produto dispense menor tempo para ser processado, há menor chance de obsolescência e/ou danos, processos são simplificados, variações são reduzidas, etc. Uma vez que a empresa passa a enxergar todas as atividades numa cadeia de valor, os gargalos do sistema são identificados e removidos e, conseqüentemente, o desempenho geral é aperfeiçoado. A mentalidade enxuta envolve várias pessoas na cadeia de valor e a mudança para esta mentalidade causa grandes modificações na forma de como as pessoas percebem seu papel na organização.

A seguir, serão introduzidos os conceitos para que possam ser construídas as pilastras do templo da Figura 4, mas para isso será adotado como estudo de caso para tais definições, um processo de manufatura de produtos eletrônicos de entretenimento, como televisores, aparelhos de áudio, TABLETS,

smartphones e computadores.

3.2 SINCRONIZANDO PROCESSOS DE MANUFATURA

Em geral, a implantação da filosofia de manufatura enxuta leva de um a dois anos, dependendo do estado inicial da organização. O primeiro passo é o desenvolvimento de uma sistemática da sincronização dos processos de todos os roteiros de produção, para obter-se a definição da capacidade produtiva, custos operacionais e o balanceamento racional dos recursos produtivos visando atender a demanda e planejamento da produção.

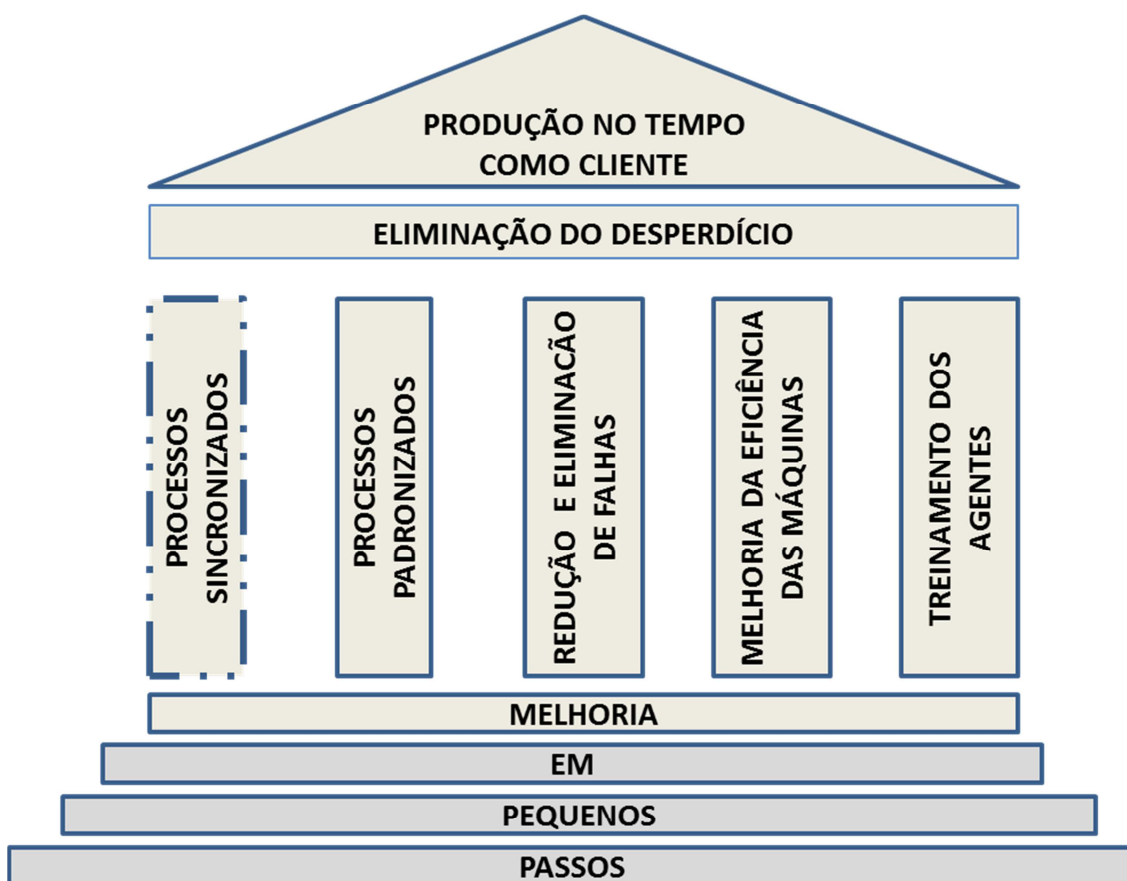


Figura 5 - O pilar da Sincronização das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta

Primeiramente, como sugerido por James Womack (1998), elabora-se uma matriz de produtos com a descrição das fases de processo produtivo que fazem parte dos seus roteiros de fabricação (Figura 6). A seguir, escolhe-se um grupo de produtos que possua roteiros de fabricação semelhantes e que tenham

uma participação significativa na contribuição dos resultados da organização.

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IAC | IMC | MONTAGEM | EMBALAGEM |
| Produto A | Produto A | Produto A | Produto A |
| Produto B | Produto B | Produto B | Produto B |
| | Produto C | Produto C | Produto C |

Figura 6 - Matriz de Produtos

Fonte: Womack (1998)

A seguir é formado um grupo de agentes que irá elaborar individualmente o Mapa do Fluxo de Valor (MFV) desses produtos. Em seguida são apresentados os MFVs individuais para que sejam discutidos e convirjam para um único MFV. Essa interação entre os agentes da manufatura irá definir um único MFV e promover uma extração de muitas informações e conhecimentos importantes para que se tenha um entendimento da situação atual, e quais as oportunidades de melhorias e um plano de ação para obtê-las.

O sistema de manufatura de produtos eletroeletrônicos possui um Mapa de Fluxo de Valor (MFV) como o apresentado na Figura 7, onde são apresentadas quatro fases principais do fluxo do processo produtivo:

- IAC (Inserção Automática de Componentes);
- IMC (Inserção Manual de Componentes);
- Montagem;
- Embalagem.

O MFV é uma importante ferramenta de avaliação do estado atual do processo produtivo e da identificação de prioridades que atendam as expectativas de melhorias de desempenho da organização. Deve ser lembrado que os indicadores fundamentais a serem observados no MFV são: o tempo total de atravessamento que transforma a matéria prima em produto final para ser

entregue *Total Lead Time* (TLT), e o tempo total de agregação de valor *Total Value Added Time* (TVAT) ao longo do fluxo de transformação do processo produtivo.

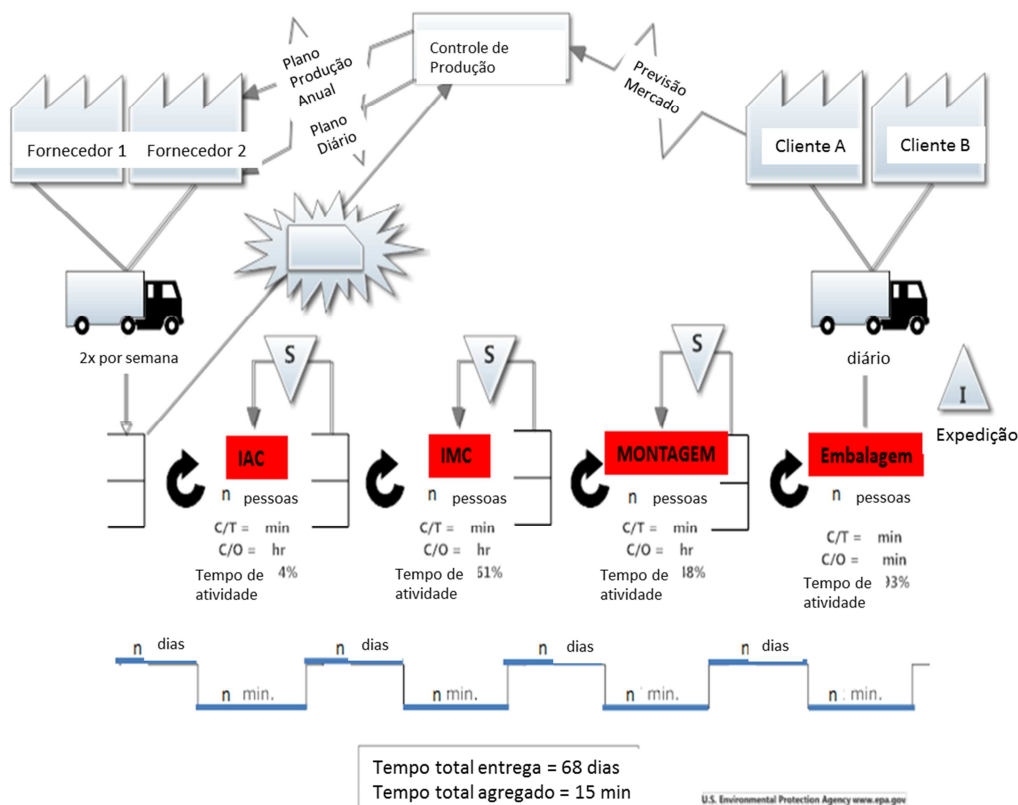


Figura 7 - Mapa do Fluxo de Valor (MFV) de um processo produtivo de equipamentos eletrônicos

Fonte: MAP Cardoso, IDW - MES

A partir do MFV são agrupados produtos que possuem semelhança nos seus roteiros de fabricação, para que se tenha foco de prioridades no que se refere às melhorias que deverão apresentar maior retorno comercial e financeiro. Em geral, se obtém do MFV uma visão holística do processo produtivo atual e se pode identificar as prioridades de melhorias para serem alcançadas num estado futuro. Estabelecido um plano estratégico de melhorias, deverão ser descritas as definições de metas a serem obtidas e seus respectivos planos de ações a serem realizados. Um detalhamento de tais planos deverá ser considerado a avaliação capacidade produtiva e o seu mapa de competências para a avaliação de risco.

Realizar um mapa de competências se torna revelador para a

compreensão das interações que os agentes produtivos têm da sua atividade e como a mesma se integra no objetivo da organização. A falta de percepção da visão global por parte dos agentes produtivos leva, muitas vezes, a tomada de decisões como a execução de ações de melhorias especializadas, em função da forma com que interage diretamente com o ambiente (realimentação negativa – ordenadora), mas que podem ser prejudiciais com relação ao fluxo do processo produtivo como um todo (realimentação positiva – desordenadora), como já descrito anteriormente.

O MFV deve ser um passo importante na integração da visão holística de todos os agentes, para que suas iniciativas de adaptações e melhorias convirjam de forma colaborativa, para a melhoria como um todo do desempenho da manufatura que, por sua vez, fortaleça as interações dos agentes produtivos. Como é conhecido, essas interações são fundamentais para a obtenção de informações com a qual irá se adquirir os conhecimentos que, devidamente gerenciados, deverão possibilitar a estruturação dos conhecimentos tácitos em conhecimentos explícitos para serem disseminados entre todos os agentes.

A avaliação dos resultados obtidos da aplicação desses conhecimentos através de planos de ações de melhoria irão validar a efetividade dos mesmos e definir a capacidade de aprendizado do sistema de manufatura que, por sua vez, auxiliará na definição da regularidade e coerência do comportamento adaptativo e, conseqüentemente, a identidade da organização da qual irá emergir sua capacidade de auto-organização.

3.3 ESTABILIZANDO PROCESSOS

Em seguida, faz-se necessária a aplicação de técnicas de gestão das operações auxiliares ao fluxo do processo produtivo, que auxiliem na organização e padronização das operações que racionalizam o uso dos recursos produtivos, através da eliminação de perdas sistêmicas. Deve ser considerado que as condições iniciais do sistema produtivo são importantes para assegurar um comportamento mais previsível durante a realização de um plano de produção. Tecnicamente, processo estável implica em controle estatístico significando que o sistema é previsível (WILSON, 2010).

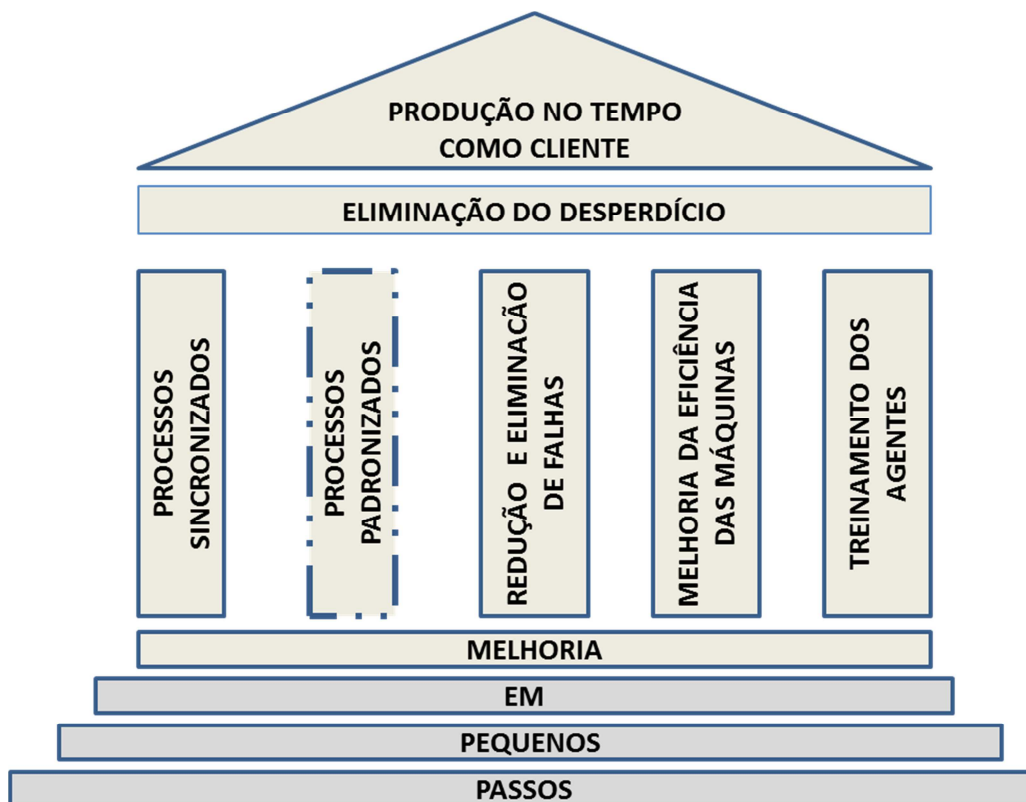


Figura 8 - O pilar da Estabilização dos Processos das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta

Deve ser assegurada uma condição inicial para que se possa implantar um sistema de MES que evite a sistematização de erros e perdas por uso de procedimentos inadequados. São citadas de forma cronológica as seguintes técnicas, com um pequeno resumo dos conceitos das mesmas:

- A técnica dos 5S (cinco S) que tem sua descrição baseada em cinco palavras em japonês, mas que serão apresentadas na forma de analogia para palavras em inglês e português. Esta técnica representa a conscientização da importância de se estabelecer um ambiente de trabalho produtivo, começando pela classificação (**Sort**) das ferramentas e equipamentos de trabalho, sua arrumação e disponibilidade para sua fácil utilização e operação ocorra de forma estabilizada (**Stabilize**), mantendo o ambiente limpo (**Shine**) que facilita uma inspeção visual para identificação de inconformidades no ambiente de trabalho. Por último, se deve padronizar (**Standard**) os procedimentos definidos e sustentá-los (**Sustain**) de uma forma transparente para auto avaliação de todos que frequentam o ambiente.

A prática do 5S permeia a todos que praticam o sentido da disciplina e do comprometimento com o trabalho colaborativo, melhorando a capacidade de obter informações de suas interações com o ambiente de trabalho, onde as decisões pessoais devam convergir para os interesses da organização, numa sistemática de diminuir as variáveis operacionais que possam se tornar desordenadoras no comportamento produtivo.



Antes

Depois

Figura 9 - Antes e depois da aplicação do conceito de 5S num posto de trabalho

Observando a Figura 9 se torna intuitivo perceber o quanto produtivo pode se tornar um ambiente de trabalho com as práticas de 5S, tanto no aspecto operacional como na satisfação pessoal de interação com seu meio ambiente. Pode ser considerado o aspecto educativo de aplicação didática de cidadania a ser aplicada na sociedade como todo e no próprio ambiente familiar.

3.4 PADRONIZANDO PROCESSOS

A padronização é um processo dinâmico, documentado, acompanhado e executado de acordo com padrões, terminologia, princípios, métodos e processos para assegurar que uma determinada tarefa seja executada sempre da mesma maneira, com o mínimo de desperdício, sendo que o desenvolvimento das

melhorias deve ser feita de forma muito disciplinada. Caracteriza-se como sendo uma ferramenta para assegurar a garantia, a qualidade, a produtividade e a estabilidade dos processos para que, então, se possa alcançar uma base para a melhoria contínua. A padronização é um documento escrito contendo três elementos: a sequência do trabalho, o estoque intermediário e o tempo de ciclo (WILSON, 2010).

As operações que agregam direta e indiretamente valor ao produto devem ser descritas de forma padronizada, usando-se algumas das técnicas conhecidas para que sejam explicitados os conhecimentos tácitos, de forma estruturada sistemicamente através das descrições declarativas (o que é) e procedurais (o que fazer). Tais técnicas deverão estar inseridas no sistema de informações para a gestão da produção, como o MES, que armazena e disponibiliza facilmente o acesso a essas descrições para que as mantenham de fácil acesso e entendimento e com isso permanecerem vivas com a prática de tais procedimentos. O sistema MES deve ter flexibilidade para realizar modificações na descrição dos procedimentos quando se fizer necessário, em função das adaptações evolutivas dos processos produtivos. Será visto, posteriormente, neste trabalho a metodologia recomendada para realizar esta padronização através do sistema MES e como usá-lo como um instrumento de medição e validação da eficácia e efetividade desses procedimentos para aprender com as informações obtidas e aprimorá-los.

Uma filosofia de produção denominada de manutenção produtiva total, *Total Productive Maintenance* (TPM), que representa um modelo mental de gestão para melhoria e sustentabilidade da produtividade, e que hoje é universalmente aceito pelos seus históricos promissores de resultados, quando bem aplicado, busca estabelecer uma regularidade nos procedimentos para a máxima disponibilidade possível dos recursos produtivos, através da eliminação de falhas, aumento da eficiência das máquinas e equipamentos, com a sua sustentação baseada no contínuo treinamento de seus usuários.

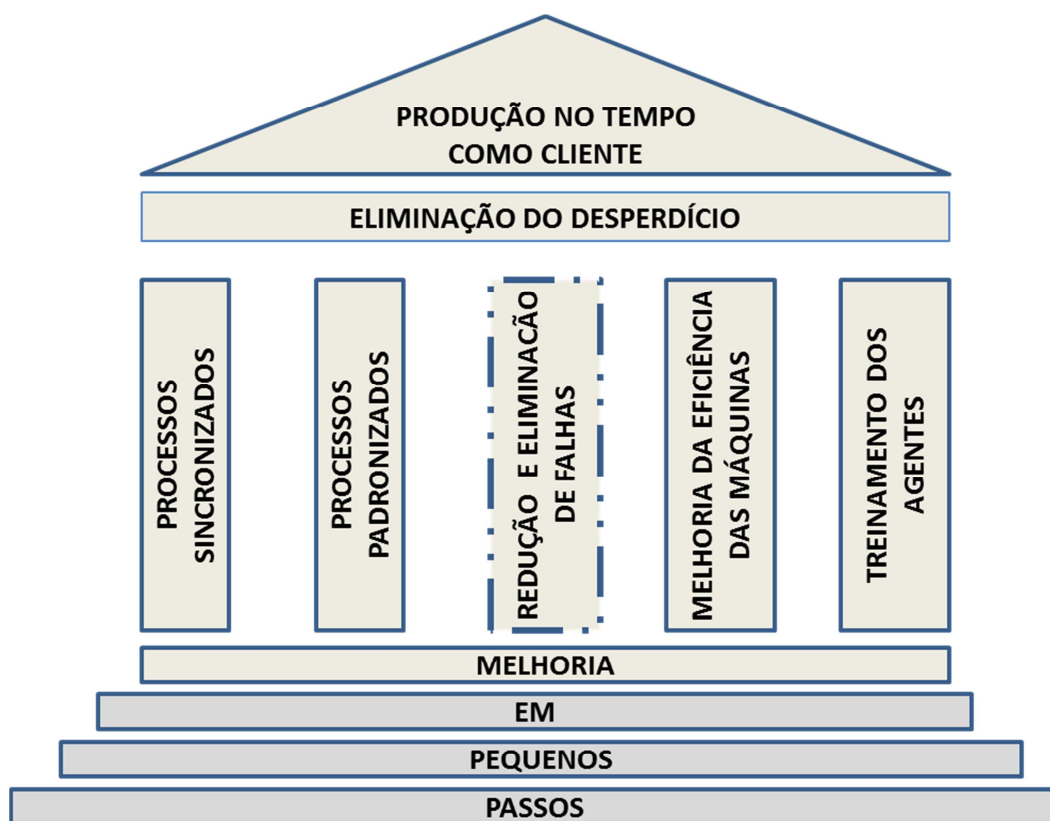


Figura 10 - Os pilares da Redução e Eliminação de Falhas dos Processos; Melhoramento da Eficiência das Máquinas; Contínuo Treinamento para os Colaboradores, das boas práticas produtivas da filosofia da manufatura enxuta.

Um dos principais indicadores chaves de análise e avaliação do desempenho produtivo é denominado de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e representa a medição da eficiência geral dos equipamentos e recursos produtivos na realização da produção. Esse indicador é o produto de outros três importantes indicadores que são: *disponibilidade produtiva*, *velocidade de produção* e *qualidade produzida*. O TPM baseia-se fundamentalmente em determinar procedimentos que proporcionem a máxima disponibilidade dos recursos produtivos, de forma a produzirem com a velocidade e qualidade planejada. Em geral, o fator que mais compromete o desempenho produtivo é a disponibilidade de seus recursos, e entre suas principais causas está à ineficiência da manutenção que é responsável pelas maiores perdas da produção, tanto por paradas não planejadas corretivas, como também por operar inadequadamente e com isso produzir produtos não conformes e com velocidade

abaixo da que fora planejada. O TPM se baseia em cinco pontos chaves para melhorar e manter o OEE (definição no capítulo Resultados) da produção, que tem como foco principal a eliminação de perdas produtivas, e que podem ser classificadas em sete categorias e seis objetivos como mostrado na Figura 11.

Cinco Pontos Chaves do TPM

- 1- Controle Total das Perdas
- 2- Cultura Previsionista
- 3- Envolve toda a força de trabalho da empresa
- 4- Trabalho em equipe
- 5- Abrange todos os setores e atividades



TPM : Foco na eliminação de perdas

- Quebras e falhas
- Controle de mudanças de linha (set up)
- Pequenas paradas
- Defeitos de qualidade
- Operação em baixa velocidade
- Operação em vazio
- Perdas administrativas

TPM : Objetivos

- Zero defeitos
- Zero acidentes
- Zero quebras/falhas
- Inexistencia de Retrabalho ou ajustes
- Ambiente de trabalho com segurança e conforto

Figura 11 - Foco e Objetivos principais do TPM, e seus cinco pontos chaves para obter-se o sucesso de sua implantação.

Fonte: <<http://professor.ucg.br/sitedocente/admin/>>

A filosofia do TPM tem entre seus pontos fortes o envolvimento de toda a empresa, num trabalho de equipe abrangendo todos os setores e departamentos e, particularmente o sistema de manufatura exige uma interação maior entre os seus agentes com especializações que tenham como meta a manutenção e a produção, para assegurar que sejam eliminadas as falhas e quebras de máquinas

e melhorias de desempenho da produção como um todo. Para exemplificar, é possível citar um dos tipos de manutenção proposta pela TPM, a automação, e que corresponde à capacitação dos operadores de máquinas, com o propósito de torná-los aptos a promover no seu ambiente de trabalho mudanças que garantam altos níveis de produtividade com minimização de perdas por desgaste ou mau uso do equipamento.

Este trabalho não se propõe a aprofundar-se nos conceitos de TPM, mas apresentar sua importância no processo de aculturação da organização de manufatura, que irá prover procedimentos para diminuir as ocorrências de desordenamentos por fatores operacionais da produção, aumentando sua flexibilidade e capacidade produtiva. Assim estabelecidas regularidades de comportamentos que fortaleçam sua identidade, tornando mais fácil a capacidade adaptativa diante das mudanças ordenadoras que possam ocorrer com o meio ambiente interno e externo.

4 O QUE É MES

Manufacturing Execution System (MES, ou Sistema de Execução de Manufatura), é um sistema integrado e informatizado, *on-line*, que reúne todos os métodos e instrumentos necessários para realizar a produção (MACCLELLAN, 1997). São sistemas focados no gerenciamento das atividades de produção e que estabelecem uma ligação direta entre o planejamento e o chão de fábrica. Os sistemas MES geram informações precisas, em tempo real, que promovem a otimização de todas as etapas da produção, desde a emissão de uma ordem de produção até o embarque dos produtos acabados. Estes sistemas surgiram para preencher a lacuna existente entre os sistemas de planejamento de manufatura (ERP, MRP, MRPII, etc.) e os sistemas de controle e equipamentos de chão de fábrica. Um MES mantém registro de todas as informações de produção em tempo real, recebendo dados atualizados de máquinas, robôs e empregados. Por várias razões, mas principalmente por segurança, a tecnologia deve estar muito madura para ser implantada em um ambiente industrial.

Por exemplo, a automação industrial utiliza a mesma infraestrutura tecnológica há mais de 30 anos. Os Controladores Lógicos Programáveis (CLP) possuem a mesma estrutura e as mesmas linguagens de programação e isso faz todo o sentido, afinal de contas se o processo está sendo controlado e atendendo as expectativas, não há razão para mudanças.

As redes industriais foram definidas há muito tempo e continuam em uso, tanto do ponto de vista físico (cabeamento, conectores) quanto do ponto de vista de protocolos de comunicação.

Porém, a gestão corporativa, bem mais recente, utiliza recursos de tecnologia mais atuais. A infraestrutura é feita por computadores pessoais e notebooks ligados em rede local utilizando tecnologia *ethernet*. Para armazenamento da informação, são utilizados bancos de dados relacionais que seguem o mesmo modelo em linhas gerais e as informações são acessadas através da linguagem *Structured Query Language* (SQL) daí a sigla aparecer no nome de alguns bancos de dados.

Os sistemas ERP não são apropriados para o controle do dia a dia de um chão de fábrica e, por este motivo surgiu na década de 1990 um novo tipo de software para a indústria denominado MES (BYOUNG, 2002).

Um MES corresponde a um conjunto de sistemas informatizados que auxiliam gerentes de produção a executar o plano de manufatura (MACCLELLAN, 1997).

O MES é geralmente um sistema específico para cada tipo de sistema de manufatura, correspondendo à fronteira entre os planos provisórios e a realização dos mesmos. O MES é responsável pela programação detalhada de atividades em um sistema de produção, o lançamento das ordens, a resposta a eventos aleatórios, as adaptações dos planos e o acompanhamento das atividades (BLANC,2008).

No início, existiam vários programas que permitiam a gestão industrial. Com o passar do tempo esses módulos foram associados debaixo de um grande guarda-chuva chamado ERP (Planejamento dos Recursos da Empresa) e estão sendo chamados atualmente de Sistema Integrado de Gestão Empresarial pela intenção de gerenciar toda a empresa em um só sistema. Mas há uma distorção aí, inclusive na tradução de ERP para SIG ou SIGE, porque a finalidade do ERP é o planejamento dos recursos e é baseado no *Manufacturing Resource Planning* ou Planejamento dos Recursos da Manufatura (MRP II). O Planejamento é, ou deveria ser, o coração destes sistemas os outros módulos devem servir de suporte ao planejamento da manufatura. Além disso, o MRP II é um sistema de planejamento ilimitado, ou seja, não considera as possíveis restrições nos recursos.

Portanto trata-se, então, de dois mundos muito diferentes. A gestão e, principalmente, o planejamento da manufatura são feitos considerando a produção como um cenário de processo ideal. O dia a dia, entretanto, é justamente trabalhar em uma produção real onde restrições surgem de todas as partes e a todo instante. Isso explica, em parte, porque existe tanto conflito. Além disso, a visão de tecnologia e principalmente de evolução tecnológica é bem diferente.

Os sistemas de ERP prometem gerenciar também a produção e isso de fato ocorre, mas somente do ponto de vista administrativo. Para os sistemas de ERP a produção é “uma caixa preta” onde as variáveis de entrada são: a matéria prima, os recursos humanos e os custos envolvidos e a saída serão os produtos acabados em um determinado tempo. A informação detalhada do que ocorre na produção, quais problemas e como resolver, onde investir, quando e quem

treinar, não são apresentados. Daí a razão de em muitas empresas o Diretor ou Gerente da produção “tirar coelho da cartola” para gerenciar e o software mais empregado é o Microsoft Excel, isso é estranho, mas é a realidade. É estranho, principalmente, porque os produtos da indústria são a razão de ser, ou deveriam ser, e o investimento em sistema é feito no suporte e no planejamento, mas não na execução da produção.

Isso tudo foi a razão de surgirem os sistemas – *Manufacturing Execution Systems* (MES) – ou Sistemas para a Execução da Manufatura, ou seja, como saber se o que foi planejado está sendo executado, os motivos para identificar se não está e, onde estão os problemas, quais são as paradas que mais ocorrem, onde investir, quem precisa ser treinado. Enfim, a intenção de um MES começa com o início da fabricação de uma OP (Ordem de Produção) e se encerra com o produto acabado detalhando ao máximo o que está dentro da “caixa preta” da produção. O planejamento das ações necessárias para aumentar a produtividade e a eficiência é mais fácil com dados reais baseados em histórico da produção que devem ser armazenados pelo MES e apresentados em forma de relatórios de todos os tipos (principalmente gráficos). Por outro lado, para o dia a dia, o MES deve fornecer informação em tempo real que permita atuar no processo para evitar paradas prolongadas e perda de produtividade.

Um ponto importante nessa “ponte entre dois mundos” está relacionado à coleta de dados. Alguns sistemas MES utilizam o conjunto de CLPs instalados na produção para coletar dados de máquinas, porém tão importante quanto os dados de produção de máquinas são as informações sobre os operadores ou do pessoal de linha de produção e isso vai exigir uma interface humana ou HMI ou IHM (Interface Homem Máquina) e uma série de alterações na programação dos PLCs que permitam a coleta de dados de produção e humanos. Outra opção com custo mais baixo é utilizar equipamentos de coleta específicos que possam ler dados da máquina e informações fornecidas por humanos e ainda que sejam robustos para “enfrentar” a linha de produção.

O MES é um sistema que trabalha em conjunto com ERP, trocando informações, mas é um sistema à parte. É um sistema híbrido (formado por software e hardware) que gera informações de histórico e em tempo real. Além do mais, precisa estar em operação 24 horas por dia em sete dias da semana.

De acordo com uma pesquisa conduzida pela MESA *International*

(*Manufacturing Execution Systems Association*) (MESA, 1977) e realizada em empresas que utilizam o MES, os ganhos gerados pela sua aplicação são:

- Redução de tempo de ciclo
- Redução do tempo de atravessamento (*lead-time*)
- Melhoria da qualidade do produto
- Melhoria nos serviços aos consumidores
- Redução do estoque em processo *work-in-process* (WIP)
- Redução ou eliminação do tempo de entrada dos dados
- Redução ou eliminação da papelada entre os turnos de trabalho
- Melhoria no planejamento de processo
- Melhor capacitação das pessoas do chão de fábrica

4.1 MESA

A *Manufacturing Execution Systems Association* (MESA) *International* foi a primeira instituição a se dedicar ao tema MES. Trata-se de uma organização mundial sem fins lucrativos que reúne empresas de manufatura, fornecedores de tecnologia de informação, empresas de sistemas integradores, empresas de consultoria, analistas, acadêmicos e estudantes. O propósito desta organização é buscar melhorias nos processos produtivos mediante a otimização de aplicações existentes ou através de sistemas de informação inovadores.

4.1.1 O modelo MES da MESA

De acordo com a MESA, para um eficaz apoio à gestão de produção são necessárias oito funcionalidades em um MES, descritas sucintamente assim.

1. Alocação de Recursos

É o gerenciamento de recursos como máquinas, equipamentos, matéria-prima e documentação necessária para realizar as operações. É o elo entre o plano gerado pelo sistema de planejamento de produção e os recursos de fabricação. Exemplos deste item: controle da taxa de utilização dos equipamentos e máquinas (em horas); controle das paradas de máquina (frequência e motivo); cadastro do *lead-time* das

operações de preparação (*setups*) e cadastro do *lead-time* dos processos.

2. Controle das Unidades de Produção

Gerencia o fluxo nas unidades de produção por intermédio do controle de trabalhos, ordens de produção, agrupamentos, lotes, dentre outros. Instruções de trabalho detalhadas por posto de trabalho, controle dos processos, acompanhamento do cumprimento do plano mestre, monitoramento das etapas dos processos, situação da ordem de produção são exemplos deste item.

3. Aquisição e Armazenamento de Dados

Interface que permite visualizar os dados referentes à produção que podem ser coletados manual ou automaticamente nas unidades de produção. Coleta de dados de hora/dia de entrada/saída de ordens de produção das máquinas, coleta de dados de dia/hora de ocorrência de refugo por máquina/ordem/produto, coleta de dados de dia/hora de paradas de equipamentos com as devidas causas são exemplos deste item.

4. Gestão de Mão de Obra

Fornece a situação, qualificação dos trabalhadores, assim como as atividades que cada um está habilitado a executar.

5. Gestão da Qualidade

Fornece uma análise em tempo real de medições coletadas para garantir qualidade na produção e identificar problemas. Cadastro das especificações dos produtos, cadastro da capacidade dos processos, ferramentas estatísticas (Pareto, Controle Estatístico de Processos, Regressão, Análise e Variância, Correlação, etc.) monitoração dos problemas de qualidade, rastreabilidade, método de análise e solução de problemas são exemplos deste item.

6. Gestão de Processos

Monitora a produção e pode corrigir automaticamente um problema ou auxiliar o operador de máquina na decisão de correção. Esta função está disponível somente para as máquinas e equipamentos que estão sendo monitorados. Gerenciamento das filas e gargalos, estatística dos processos e monitoramento da eficiência dos processos são exemplo

deste item.

7. Rastreabilidade e Genealogia

Permite visualizar a localização de um produto, assim como quem está trabalhando nele: materiais usados, lote, número de série e situação da produção, armazenando estes dados apropriadamente.

8. Análise de Desempenho

Fornece relatórios atualizados da produção, comparados aos resultados obtidos anteriormente e ao desempenho esperado.

4.1.2 Instrumentation Systems and Automation Society (ISA)

A ISA (*Instrumentation Systems and Automation Society*) fundada em 1945 tem como objetivo a elaboração de normas e diretivas para processos de automação industrial, além da organização de conferências e feiras de automação industrial. Muitos trabalhos de diferentes organizações forma baseados em conceitos estabelecidos pela ISA que possui mais de trinta mil membros em mais de 100 países

4.1.2.1 O modelo MES da ISA

Na produção, diferentes esferas de informação se desenvolveram ao longo dos anos com distintos propósitos e mentalidades. Por exemplo, os sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP) têm foco econômico, enquanto o MES o tem na produção.

A produção requer dados em tempo real enquanto o gerenciamento requer dados de médio e longo prazo, porém ambos necessitam das mesmas informações para o planejamento da produção, avaliação do desempenho, capacidade da produção, etc.

Neste sentido, a ISA criou a norma ISA S95, que além de tratar do assunto MES, define um modelo de integração entre os sistemas ERP de gestão empresarial com a automação do chão de fábrica. A norma ISA S95 divide a empresa em três camadas conforme mostrado na Figura 12:

- Gestão empresarial (ERP) ou nível 4
- Gestão da produção (MES) ou nível 3

- Produção ou níveis 0, 1 e 2

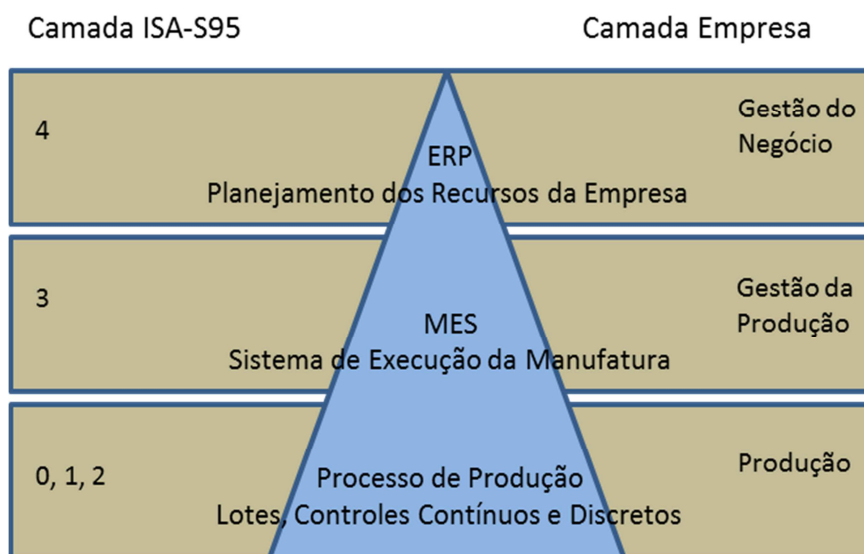


Figura 12 - Camadas da empresa – ISA –S95

Fonte: Meyer (2009)

Segundo a norma ISA S95, a camada de gestão da produção (MES) deve possuir as seguintes funcionalidades:

- Avaliação de dados relevantes para a produção incluindo os custos reais da produção
- Gestão e manutenção de dados relacionados à produção, estoque, matéria-prima, peças de reposição e energia. Além disso, efetua-se gestão dos dados relativos aos funcionários, tais como pontualidade, planejamento de recursos humanos, qualificação, calendário de feriados, etc.
- Criação e otimização de um índice de paradas ou perdas de cada divisão ou departamento, incluindo qualquer tipo de manutenção possível, tempos de transporte e tudo que for relevante à produção.
- Reserva de recursos importantes às ordens de produção (instalações, pessoal, material, etc.). Quaisquer modificações como, por exemplo, uma quebra de máquina deve ser registrada imediatamente para que os planos possam ser alterados, se necessário. Os dados deverão ser arquivados no sistema. Pelo sistema, as ordens de produção são transmitidas aos recursos disponíveis. Estas são redistribuídas

automaticamente no caso de qualquer interrupção.

- Funções gerais de monitoramento (gerenciamento de alarmes, acompanhamento, rastreabilidade, etc.).
- Funções para a gestão da qualidade.

A norma ISA S95 oferece ao leitor muita margem para interpretação e muitas áreas são descritas insuficientemente (MEYER, 2009).

4.2 PRINCIPAIS FORNECEDORES DE MES

Há vários fornecedores de soluções de MES: PPI Multitask, Siemens (Simatic IT), Rockwell Automation, Invensys, GE Automation, dentre outros. A solução escolhida foi a da empresa MAP Cardoso, brasileira e sediada em Manaus pelo fato de possuir experiência específica para a aplicação, suporte técnico local, sistema funcionando em empresas do Polo Industrial de Manaus e por apresentar uma razoável relação custo-benefício.

4.3 ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)

O *Enterprise Resource Planning* (ERP) é um sistema de processamento de informações integrado que dá suporte a vários processos de uma empresa, tais como, finanças, distribuição, recursos humanos e manufatura (BYUONG, 2002),

A Sociedade Americana de Controle de Estoque e Produção (APICS, 2001) definiu ERP como sendo um método eficaz para o planejamento e controle de todos os recursos necessários para receber, elaborar, despachar e contabilizar os pedidos dos clientes em uma empresa de manufatura, distribuição ou serviço.

4.4 INTEGRAÇÃO ENTRE MES E ERP

Antigamente, a maioria das informações era trocada manualmente entre os níveis de automação e o nível de ERP. A resolução dessa troca chegava a dias. Com o desenvolvimento do MES, que se posicionou entre o nível de produção e o de gestão empresarial, ou corporativa, criou-se o nível de gestão de

produção.

Sistemas corporativos tendem a trabalhar no longo prazo, com um horizonte de tempo de semanas ou meses. O planejamento da produção em médio prazo trata com semanas ou dias, enquanto o planejamento detalhado atua no curto prazo, considerando dias e turnos de produção. Decisões tomadas no âmbito da gestão da produção devem ser feitas dentro de um intervalo de tempo que varia desde o turno de produção até minutos, enquanto os sistemas de automação, com suas máquinas e sistemas de controle, devem reagir dentro de minutos ou até segundos (KLETTI, 2007).

Diferentes tipos de produção necessitam de diferentes tipos de funcionalidades MES. A definição do tipo de produção discreta indica que o processo tem vários graus de liberdade e que, dependendo da ordem, a produção pode ser canalizada pelos processos de diferentes formas. Entretanto, vários graus de liberdade podem também representar tempos longos de transferências, tempos de espera e ineficiência no sequenciamento das ordens de produção.

No caso onde a produção é realizada em linhas de montagem, a maior parte das atividades de curto prazo é executada no nível de automação, isto é, na máquina ou nos sistemas de controle da unidade fabril. Neste tipo de produção o nível de automação é muito desenvolvido. Com isso, a porção do planejamento feito no MES é reduzida a uma apresentação da situação em curto prazo e avaliações relativas a tempos de produção, defeitos e qualidade.

O MES não é um sistema de gestão da produção *stand alone* e frequentemente é implementado para proporcionar a troca de informações com o sistema ERP e, conseqüentemente, uma interface entre os dois sistemas deve existir. O tipo e a extensão da troca de dados dependem de sistemas instalados na empresa.

4.5 MES E MANUFATURA ENXUTA

Segundo Meyer (2007), pode-se afirmar que um sistema MES em funcionamento é uma condição para alcançar os objetivos da Manufatura Enxuta. A coleta de dados em tempo real e a facilidade de acesso a esses dados são necessárias à rápida tomada de decisão. Um sistema produtivo, como a Manufatura Enxuta, é altamente dependente da exatidão e atualidade das

informações produzidas e coletadas durante os processos de produção. Exemplos incluem o tempo de funcionamento da máquina, tempo de ciclo do processo ou mesmo a quantidade de peças produzidas.

Um sistema informatizado de produção em tempo real, principal função do MES, reduz a espera, estoque e tempo de transporte pela sincronização dos processos de produção. O MES assegura também a padronização dos processos – empregados são guiados com informações eletrônicas que contribuem significativamente para a melhoria da produtividade (MEYER, 2009).

Além disso, desvios são imediatamente reconhecidos pelo controle em tempo real de todos os parâmetros que influenciam no processo de produção, e assim medidas podem ser tomadas conforme a necessidade.

Os sistemas MES foram idealizados para prestar suporte às práticas de manufatura enxuta (COTTYN, 2009),

4.5.1 MES e a Redução de Desperdícios

Na década de 1990, a MESA realizou diversas pesquisas em mais de 100 empresas de diferentes ramos de atividade que possuíam um sistema MES funcionando adequadamente em suas instalações com o propósito de avaliar os benefícios trazidos (MEYER, 2007). Os mais importantes estão listados a seguir:

4.5.1.1 Integração de informações confiáveis

Geralmente, não existe um sistema integrado de informações de manufatura em que seja possível realizar uma avaliação global da situação da fábrica. Um sistema MES é um instrumento de registro de dados integrados e de monitoramento de desempenho sendo simultaneamente um sistema de informação em tempo real e de análises de longo prazo.

4.5.1.2 Redução de Tempo de Ciclo

As empresas que responderam à pesquisa realizada pela MESA ressaltaram que a redução do tempo de ciclo não é alcançada somente com a aplicação de um sistema MES, mas em grande parte através das melhorias de

processo ou de uma organização mais racional do trabalho.

4.5.1.3 Redução do Tempo de Troca de Modelo

Através de uma metodologia de planejamento integrada ao sistema MES, o sequenciamento da produção pode ser otimizado resultando-se em ganhos. Além disso, o simples acompanhamento do tempo de troca de modelo poder gerar melhorias.

4.5.1.4 Redução do Tempo gasto para Registro Manual de Dados

Várias empresas afirmaram que os gastos com o registro de dados podem ser reduzidos em mais de 50% simplesmente com a adoção de um sistema MES.

Um dos objetivos do MES é manter o custo de armazenamento de dados o mais baixo possível (MEYER, 2009).

4.5.1.5 Redução dos Tempos de Espera

Os tempos de espera ocorrem, em geral, devido ao fornecimento tardio dos recursos necessários para as operações individuais, afetando frequentemente as matérias-primas e subprodutos. A razão para tal é um sistema de planejamento falho que não é capaz de planejar as ordens de uma maneira sincronizada, livre de superposições, tendo em conta a disponibilidade de recursos.

4.5.1.6 Aumento da produtividade dos empregados

Um sistema MES integrado fornece aos funcionários que operam máquinas informação eletrônica em tempo real necessária para a produção ordenada, com a menor taxa de erro possível. Entretanto, é impossível quantificar estes ganhos, mas seus benefícios podem ser vistos clara e facilmente. O estudo revelou que a maioria das empresas conseguiu aumentar a produtividade dos funcionários após a implantação de um sistema MES (MESA, 1977).

4.5.1.7 Redução dos gastos administrativos

O mesmo estudo revelou que mais de 60% das empresas pesquisadas indicaram que o número de documentos usados poderia ser reduzido em mais de 50% através da introdução de um sistema MES (MESA, 1977). Através de uma ferramenta adequada de planejamento integrada ao MES, a quantidade de pessoas necessárias poderia ser reduzida em pelo menos 20%. Estas pessoas podem, obviamente, ser deslocadas para outras funções que agreguem valor à empresa.

4.5.1.8 Outros ganhos

Na indústria metal-mecânica a média de utilização das máquinas é muitas vezes inferior à prevista, mas o planejamento e os cálculos são realmente baseados em uma maior utilização (KLETTI, 2007). A adoção de uma sistemática de registro e avaliação de todos os casos de paradas não programadas com o auxílio de um sistema MES ajuda a revelar as causas da paralisação, eliminá-las e, assim, melhorar consideravelmente a taxa de utilização das máquinas.

A redução do tempo de atravessamento pode ser considerada como o fator mais importante para a eficiência econômica no processo de produção. Ainda relacionados a este tempo há o tempo de entrega – conferindo vantagem competitiva —, confiabilidade na entrega – satisfação dos clientes —, inventário e rendimento. Usando um sistema MES torna-se possível identificar todas essas potencialidades e explorá-las sistemicamente. Tais exemplos demonstram que melhorias em potencial podem estar escondidas em uma empresa e, com o auxílio de um sistema MES, podem ser descobertas como mostrado na figura 13 (KLETTI, 2007).

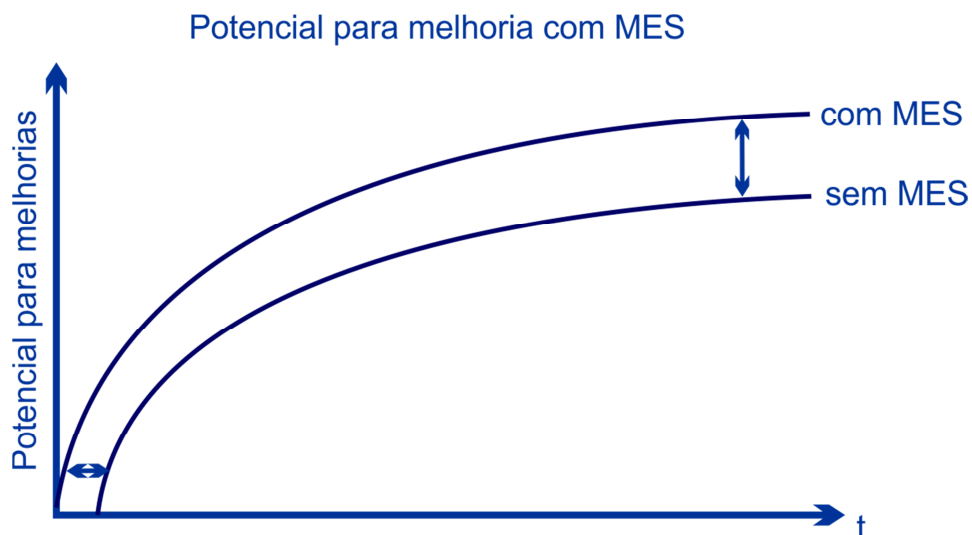


Figura 13 – Potencial de Melhoria no tempo com sistema MES

Fonte: KLETTI (2007)

Outro grande benefício de um sistema MES é a capacidade de determinar, a qualquer tempo, em qual lugar certo produto se encontra.

Em áreas produtivas com um elevado nível de automação, o mais relevante é coletar informações das máquinas, como parâmetros de processo, funcionamento imperfeito, quantidade produzida, etc. Em uma área de produção onde o uso de mão de obra é intenso, como em linhas de montagem, o importante é o registro dos tempos e a exibição de informações na tela, como instruções de trabalho, por exemplo.

5. A GESTÃO DO CONHECIMENTO, SUA APLICAÇÃO SISTÊMICA PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO PRODUTIVO

5.1 UMA ABORDAGEM FILOSÓFICA SUCINTA SOBRE A TEORIA DA COMPLEXIDADE E O CONHECIMENTO ORGANIZACIONAL

As organizações vêm sofrendo grandes e constantes transformações. Quer sejam de caráter social, tecnológico ou filosófico, essas mudanças geraram a ideia de uma economia do conhecimento motivada pela migração das atividades humanas, de funções mecânicas para funções intelectuais.

Consequentemente, surge a ideia de que a globalização das ações econômicas tem gerado uma nova composição social e, mais do que isso, novas formas de relações da sociedade com o meio e com os eventos que se sucedem neste universo global, se assim pode ser dito.

Considerando que o homem entendeu a tecnologia da informação como instrumento imprescindível para a evolução desta nova forma de vida social e econômica, o salto para uma tecnologia que privilegiasse o conhecimento foi questão de tempo.

Uma vez que a tecnologia, entendida como a tradução da técnica para consolidação de ações de qualquer natureza, que exige sequência e conhecimento precisos dos elementos que constituem os meios objetivos alcançados com instrumentais específicos, passou a ditar a ordem das ações empresariais, novas propostas de modelos de gestão das organizações surgiram. A chamada Era do Conhecimento deu ensejo a uma abordagem de gestão de pessoas denominada Gestão do Conhecimento (QUELL, 2006).

Paralelamente, outra abordagem promissora, por trazer conceitos antes não tratados de maneira profunda, vem ocupando espaço nos estudos da evolução do pensamento humano. O pensamento complexo ou da complexidade permite um avanço considerável nos estudos dos eventos que cercam a realidade humana e lança desafios de entendimento do conhecimento na atualidade, que podem confirmar ou refutar aquelas tendências de gestão do capital intelectual das empresas cuja base se sustenta no conhecimento que é supostamente criado, manipulado e transferido nas organizações empresariais.

Neste confronto entre o estudo da complexidade e novas propostas de gestão de pessoas, vislumbra-se uma possibilidade de novos questionamentos

ou de, apesar da complexidade do próprio objeto de pesquisa, uma busca por respostas que não estão, ainda, absolutamente claras à mente humana.

O principal entendimento, até então, é o de que o conhecimento é algo que pode ser administrado assim como se administra o ativo fixo de uma empresa. O pensamento que denotava tal ideia passou a parecer por demais cartesiano.

Ao ser analisada a ideia de que as organizações se formaram a partir da experimentação do homem sobre a Terra e de suas necessidades de suprirem todos os seus anseios de desenvolvimento, encontra-se o fato de que, com o conhecimento que o homem foi conquistando, dominando e acumulando, a estrutura social na qual depositou sua sobrevivência formou a realidade hoje conhecida.

As organizações empresariais, aprimoradas por séculos, ao buscarem longevidade, têm se apoiado no mesmo processo de aquisição, transformação e disseminação de conhecimentos. Durante esse período de crescimento da humanidade e de lapidação de sua cultura, o homem seguiu caminhos diferentes nos dois campos que mais precisava unir: a filosofia do conhecimento e a filosofia de produção.

Enquanto os sábios e estudiosos passaram a decodificar novas vertentes e possibilidades de entendimento do conhecimento humano aplicado, os filósofos da produção transformaram as organizações em simples produtoras de bens. Essa visão reduzida de mundo, fruto da separação da ciência e da produção, tornou o conhecimento nas empresas mais e mais reducionista, fracionado e pouco interativo (QUELL, 2006).

A ciência evoluiu para um novo modelo de entendimento da sociedade, baseado no conhecimento. Dessa evolução e da necessidade de novas formas de abordar certos eventos, dentre eles a vida em organizações, os estudos da complexidade tendem a revelar uma visão que foge ao entendimento completo de sua firmação e pode assumir dimensões dentro das organizações empresariais que ainda não foram devidamente aprofundadas.

O conhecimento humano é um fenômeno que ainda precisa ser desvendado. Isso o torna evidentemente um elemento complexo por definição, que assim precisa ser tratado, inclusive dentro das organizações.

Se a complexidade desafia o homem a entendê-la, também o desafia

a aprender a utilizá-la como uma lente que lhe permitia ampliar o campo de observação dos eventos que sempre estiveram ao seu redor, porém, fora de seu alcance.

5.1.1 Sobre o Pensamento Complexo

Nas formulações realizadas pelos filósofos e pensadores dos séculos XIX e XX, podem ser observadas, de certa maneira, as características de complexidade. Não há pretensão de, com essa afirmação, mostrar que já se tratava a complexidade como objeto de pesquisa, mas a dinâmica dos fenômenos tratados e dos métodos utilizados na pesquisa científica traduziam o princípio da preocupação com a complexidade de alguns objetos e seu relacionamento com os resultados esperados e procurados.

Apesar de reconhecerem as características de complexidade existentes em objetos de estudo e na natureza, os representantes do empirismo inglês procuravam manter a ideia de origem do conhecimento a partir da observação e dos sentidos, o que não exclui tais condições da formação do pensamento complexo. O mesmo se dá quando há referência aos trabalhos dos representantes do racionalismo continental, dentre os quais René Descartes merece destaque. Ainda que os trabalhos revelassem maior rigor no trato com os objetos de estudo a origem do conhecimento estava atrelada à intuição, à intelectualidade e à distinção de ideias. Nos trabalhos de Descartes, mais precisamente no Discurso do Método, nota-se o paradoxo do reconhecimento dos eventos complexos simultaneamente à defesa da simplificação e do determinismo.

Embora a aceitação da existência do complexo na natureza e na composição do relacionamento do homem com o universo, não se evidenciou em nenhum trabalho dos autores desses períodos a intenção de tratar a complexidade como uma forma de conhecimento ou de entendimento do mundo a partir de um pensamento elaborado neste nível.

Somente agora, com trabalhos voltados a uma nova forma de lidar com a realidade, como o de Edgar Morin (1999), é possível vislumbrar novas possibilidades de pensamento. Mais interessante ainda é a possibilidade de convivência entre a simplificação racionalista e a elaboração da complexidade.

Não haverá conclusão alguma a respeito da complexidade, se não for possível verificar a forma com que as diversas disciplinas do conhecimento humano promovam a malha de sustentação do entendimento dos eventos complexos. Por meio da interdisciplinaridade, é possível observar como essa dinâmica se desenrola objetivando a assimilação e o trato do pensamento complexo.

O mundo que agora se apresenta à ciência é complexo. É uma única entidade com diversas faces e que em cada uma destas faces se desenvolve outra realidade também complexa e com novas e diversas faces, numa contínua e infinita recursividade. Lidar com este grande fenômeno ou mesmo tentar isolar um fragmento dele sem levar em consideração as interferências que o todo pode estar provocando sobre o objeto fragmentado é o erro em que pensadores e filósofos, estudiosos da Teoria do Caos e do Pensamento Complexo não querem incorrer (QUELL, 2006).

Para as organizações empresariais, essa nova face da ciência vem provocando a necessidade de um formato simbiótico e ao mesmo tempo dialético. Simbólico por exigir que a ciência seja intrinsecamente observada nas ações empresariais, ao mesmo tempo em que estas permitam o desenvolvimento e entendimento dos eventos e fenômenos estudados pela ciência. Dialético quando, a partir de lógicas distintas, e em algumas circunstâncias antagônicas está simbiose possa ser implementada o pragmatismo movendo a roda que gera o conhecimento, e este, por sua vez, promovendo a acomodação de um sistema complexo. As empresas, atualmente, têm de lidar com um mundo para o qual não foram preparadas. Isto porque implementaram, por décadas, um forma de condução contrária e completamente reducionista. O conhecimento é para o mundo empresarial apenas um dos recursos do qual lança mão para atingir seus objetivos e metas.

Ao separar o conhecimento da essência da organização e de seus colaboradores, o homem o reduz a uma fração inexpressiva no processo de entendimento e aprimoramento de sua capacidade de desenvolvimento. Ao mesmo tempo em que interpreta o real significado e a estruturação de uma sociedade do conhecimento, os reduz a algo que possa lidar, demonstrando sua limitação no trato e aplicação da epistemologia às práticas corriqueiras e cotidianas que nada têm de simples quando é possível observá-las pelo prisma

do holismo.

5.1.2 Sobre o Conhecimento

O estudo do conhecimento é um dos maiores desafios do homem, desde os primórdios de sua existência consciente. Talvez esse seja o conceito mais debatido e evidenciado na evolução da humanidade. Ainda assim, conclusões são poucas nesta área.

As diferenças de pensamento geradas pela assimilação de experiências e convívio social modificam os conceitos e habilidades de interpretação do mundo e da realidade. No procedimento socrático não há resposta para sua pergunta maior sobre o conhecimento: “O que é?”. Insistentemente, esse procedimento que procura fazer com que se reconheça quão pouco se sabe, aponta para caminhos de incerteza e de constantes mutações do conhecimento. As verdades que suportam o conhecimento se modifica conforme mudam os entendimentos sobre estas verdades. Exemplo desta afirmação pode ser encontrado nas tentativas de definição ou conceituação do termo “conhecimento”, dentre as quais se destacam três:

Para Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento é, em princípio:

um processo humano dinâmico de justificar a crença pessoal com relação à verdade.

Para Davenport e Prusak (1998):

Conhecimento é uma mistura fluida de experiência condensada, valores, informação contextual e *insight* experimentado, a qual proporciona uma estrutura para a avaliação e incorporação de novas experiências e informações. Ele tem origem e é aplicado na mente dos conhecedores. Nas organizações, ele costuma estar embutido não só em documentos ou repositórios, mas também em rotinas, processos, práticas e normas organizacionais.

Para Monique Canto-Sperber (2000, apud Chauí, 2002, p.243):

O conhecimento, portanto, não é apenas uma crença raciocinada e justificada com a qual somos capazes de explicar o que conhecemos e justificá-lo com razões, mas é também conhecimento do objeto. A compreensão unificada focaliza a definição da essência, a partir da qual se podem explicar os fenômenos considerados, reproduzi-los e até mesmo ensiná-los.

Podem ser identificados três elementos importantes nos conceitos de conhecimento apresentados por Nonaka e Takeuchi (1997), Davenport e Prusak (1998), e Canto-Sperber (2000). O primeiro elemento é o indivíduo ou sujeito do conhecimento. Não há, portanto, conhecimento que não seja fruto da interação do homem com a natureza ou com os fenômenos que o cercam. Não é possível admitir um conhecimento desassociado da mente humana e de seu funcionamento. O segundo elemento está ligado ao objeto. Aqui o termo objeto pode ser entendido como fenômeno ou realidade ou até mesmo como evento. O terceiro e último elemento é a experimentação, ou seja, o relacionamento entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Este tripé – sujeito, objeto e experimentação – está presente, isolada ou conjuntamente, na maioria das definições de conhecimento, adotadas nos estudos em administração.

É importante o entendimento de que determinado indivíduo é o único capaz de armazenar conhecimento se este conhecimento é fruto do relacionamento do homem com o ambiente. Transferir conhecimento significa ter como obrigatória a transferência de todo o âmago individual que gerou aquele conhecimento.

As tradições japonesas tratadas por Nonaka e Takeuchi (1997) confirmam uma forma de pensamento a respeito da inseparabilidade entre indivíduo e pensamento, entre o homem e a natureza. Por conseguinte, o sujeito e o conhecimento passam a constituir um elemento único. Não é possível, no entanto, ignorar a tradição científica. Tudo o que o homem produziu, a partir de seus questionamentos e observações, de suas interações e incursões à realidade de seu universo, sempre foi denominado conhecimento.

Nas organizações, a realidade é a forma como as diversas realidades individuais operam e se relacionam. Se, individualmente, o mundo assume contornos de acordo com a estrutura de cada pessoa, o convívio social somente é possível pela interação destas composições de mundos. É possível que para cada elemento da organização existam mundos completamente distintos, que se mantêm estáveis para fins de relacionamento somente por existirem regras preliminares transferidas socialmente. O nível de padronização possível, heranças culturais e o convívio passam a integrar aquela mesma realidade a partir da qual o indivíduo aprende (QUELL, 2006).

5.1.3 A Complexidade da Realidade Organizacional

Considerando que a realidade organizacional é resultado de uma base cultural estabelecida em função dos relacionamentos e valores agregados das diversas realidades individuais originadas na cultura externa, então essa realidade, na qual a organização se baseia, pode ser tida como temporária e volátil; isto porque as interações sociais internas e externas vão contribuindo para mudanças rápidas de adaptação e acomodação de novos valores ou de novas estruturas cognitivas específicas de seus elementos que promoverão, assim, novos elos de interação.

Entendem Nonaka e Takeuchi (1997) que a criação do conhecimento organizacional é a capacidade de uma empresa de criar novo conhecimento, difundi-lo na organização como um todo e incorporá-lo a produtos, serviços e sistemas. A criação deste conhecimento é a chave para as formas características com que as empresas japonesas inovam. Elas são peritas em fomentar a inovação de forma contínua, incremental e em espiral.

Sendo a cultura da organização o entendimento padronizado, mas ainda subjetivo da valoração do significado das ações e práticas institucionais, elementos como estrutura organizacional, políticas, missões, descrições de cargos e procedimentos e visões de futuro são resultantes da interpretação momentânea do mundo e da realidade. No aprofundamento desta análise observar-se-á que existem diversas formas de interpretação destas realidades organizacionais, dependendo da maneira como cada indivíduo ou grupo de indivíduos estabelece os critérios de interação com a organização.

A padronização que recebeu grande destaque nos princípios tayloristas e mais tarde corroborada pela burocracia, tentou minimizar os efeitos desta dificuldade de lidar com realidades em constante e contínua transformação. A complexidade da realidade, construída a partir das representações individuais, somente pode ser vista quando os indivíduos assim a percebem. Verifica-se que perceber a organização como um elemento complexo exige de cada um dos indivíduos essa mesma percepção.

A percepção define as condições do indivíduo de adquirir conhecimento sobre uma realidade ou evento? O conhecimento permite que o indivíduo perceba a realidade na qual está inserido? Esse questionamento é pertinente quando da

necessidade de entendimento da importância do conhecimento para a vida organizacional e quanto a vida organizacional colabora no acúmulo de conhecimento dos indivíduos que a compõem. O conhecimento que chega às organizações é aquele que vem com os indivíduos, afinal, segundo Davenport (1998), “O conhecimento existe dentro das pessoas, faz parte da complexidade e imprevisibilidade humana”.

A maneira peculiar como cada indivíduo percebe a organização dará margem para um conjunto de reações e entendimentos que não podem ser detectados imediatamente. Quanto mais o indivíduo se aproxima da organização e percebe, mais estará assimilando novos compostos de conhecimento originados das necessidades pessoais e das necessidades organizacionais.

A organização facilita esse processo e direciona o formato de percepção àquele essencial ao funcionamento adequado de suas estruturas. Em verdade, há um jogo de manipulação implícito que colaborará com a assimilação, por parte das pessoas, dos valores organizacionais e, portanto, transformando a cultura individual em prol da cultura organizacional.

Uma vez que o indivíduo receba novas agregações a seu modelo mental com base nas informações e valores da organização, ele passará a gerar conhecimento sob uma estrutura diferente daquela trazida originalmente do ambiente externo, ou seja, da etapa anterior à sua chegada à organização. Tudo o que ele aprender, dentro da organização, passará a receber contribuição desta cultura recém aceita. Isso não quer dizer que o indivíduo seja o agente passivo da criação de conhecimento oriundo de percepções determinadas pela organização. Aqui novamente a complexidade se impõe. Simultaneamente ao processo de aculturação do indivíduo, a organização receberá uma carga da cultura individual em sua composição, pois, afinal, a organização é, por definição, a reunião de indivíduos sem os quais ela não existiria (QUELL, 2006).

Considerando que o conhecimento a ser adquirido pelos indivíduos estará baseado em uma realidade estruturalmente em mutação, as possibilidades de sua composição dependerão muito da maneira como esta é percebida no instante em que o conhecimento é criado. No instante seguinte à criação deste conhecimento e de sua aplicação pelos indivíduos, a realidade passará a ser diferente e interferirá nas novas composições de conhecimento em uma espiral contínua e infinita enquanto a organização existir.

Está claro, portanto, que o conhecimento e a percepção da realidade fazem parte de um processo recursivo que denota a complexidade de suas relações. Mesmo levando-se em consideração estes fatos, a organização sugere, para fins de controle da velocidade com que essa recursividade ocorre, sistemas de segurança contra a desintegração. Na maioria das vezes esses controles acontecem por meio de mudanças sutis na composição da realidade e na forma como o indivíduo mantém contato com ela.

O ser humano acostumou a perceber e pensar as coisas da natureza por um prisma reducionista, decorrendo daí sua ação natural de, diante da necessidade de entender e se relacionar com um fenômeno ou evento, reduzi-lo em partes. Isso dificulta sobremaneira a condição de visualização dos fenômenos complexos, e qualquer tentativa de demonstração desta complexidade tem levado as organizações e indivíduos aos limites entre o complexo e o complicado. Este último, muito mais desenvolvido e aceito em virtude de ser composto por características marcantes e de simples detecção.

O reconhecimento de que há um conjunto de informações e de conhecimentos que podem ser relacionados a fenômenos complicados exige uma análise cuidadosa do contexto em que se realiza. Uma vez que o conhecimento aplicado a uma realidade permita a definição de todas as respostas possíveis deste ambiente com elevado grau de precisão aos estímulos provocados, ele poderá ser tido como programático (QUELL, 2006).

Diferentemente do ser humano, as máquinas precisam de elementos que lhes permitam interagir com a realidade em um nível diferente. Independentemente da realidade proposta, a resposta baseada em um conhecimento programático será sempre a mesma. Quer a empresa esteja em um ambiente turbulento, quer esteja num ambiente de manutenção ou de crescimento, o conhecimento programático será o mesmo e sua aplicabilidade sempre estará condicionada a resposta-padrão esperadas e preparadas.

Muitos fenômenos e eventos organizacionais podem ser considerados complicados em função da existência de conhecimentos programáticos. A vida das organizações é parcialmente previsível – e com um grau de precisão elevado – graças a estudos históricos. É evidente que a complexidade da formação da organização deveria negar está assertiva, mas ela a confirma, pois existem elementos necessariamente simplificadores em ambientes complexos. Partes do

todo precisam funcionar sob certa rigidez de regras para que a complexidade das relações se faça e se deixe transparecer.

O conhecimento programático pressupõe a imersão em uma realidade própria, alheia à realidade mutável e inconstante da sociedade e da própria organização. O ambiente no qual este tipo de conhecimento é possível existe em si mesmo e o envolvimento dos indivíduos nesse ambiente é um exercício de abstração. Essa afirmação determina que ambientes pelos quais circulam conhecimentos programáticos, que permitam interação a partir do automatismo de respostas, somente são possíveis se desassociados das intervenções humanas no nível da resposta automática e padronizada (QUELL, 2006).

Uma diversidade de conhecimentos programáveis está constantemente sendo aproveitada na dinâmica organizacional. Sistemas informatizados de gestão integrada são os maiores exemplos, assim como mecanismos de segurança, de controle de recursos humanos, de movimentação de estoques, de compras e vendas virtuais, dentre outros. Esses conhecimentos que passam a controlar ações e recursos dentro das organizações por meio de complicadas composições são os responsáveis por parte da necessidade crescente de uma visão mais precisa da realidade organizacional. A partir dos sistemas que compõem a organização e de sua relação, quer sejam automatizados ou não, a organização molda uma realidade única e própria, com características especiais que fazem dela um elemento único no universo da sociedade na qual está inserida.

5.1.4 O Conhecimento Organizacional

Com uma história repleta de sucessos e fracassos, a administração fornece exemplos e modelos que podem ajudar a traçar a linha, mesmo que de ínfima espessura, entre a potencialidade de um acerto na implantação de novos modelos de gestão e um estrondoso fracasso nessa empreitada.

Nos primórdios da administração científica, o homem foi considerado apenas um dente na engrenagem que movimentava a produção. O grande poder decisório estava nas mãos de poucos. Naqueles dias, supunha-se que o conhecimento a respeito dos negócios, dos processos produtivos e das competências necessárias à operacionalização da empresa estava centrado na

alta cúpula. O foco, portanto, das ações administrativas e em níveis de tomada de decisão se concentrava na busca de tecnologias e de mecanismos que permitissem o máximo de produtividade, sempre baseados em maquinário e mudanças de procedimentos.

A partir de 1927 as empresas e mesmo os mentores da administração científica passaram a notar que um dos elos da corrente podia, se bem manipulado, aprimorar o processo produtivo. E esse elo era o próprio homem. Com a ajuda de técnicas de psicologia, aplicadas à organização do relacionamento de trabalho, foi possível, de fato, alcançar níveis de produtividade maiores.

Apesar dos avanços inevitáveis decorrentes da modernização, a tendência manipulativa das empresas e a manutenção de um direcionamento autocrático na determinação dos objetivos e métodos empregados na condução dos negócios permanecem as mesmas. O trabalhador ainda era considerado um bem de consumo, cujo aproveitamento merecia, agora, cuidados especiais no sentido de que dele pudesse ser extraído o máximo, mesmo que para isso fosse necessário lançar mão de “falsas liberdades”, como no caso da liderança participativa.

Com o avanço das tecnologias pelo mundo, a visão reducionista do empresariado provocaria um caos nas relações de emprego e de trabalho. Enquanto a tecnologia partia para a renovação e inovação em um ritmo alucinante, o homem não estava recebendo formação adequada e na mesma velocidade, resultando em um *déficit* considerável de mão-de-obra qualificada para as diversas áreas de produção.

O grande diferencial competitivo entre as empresas, com tendência a se intensificar como padrão neste século, passou a ser o trabalhador intelectual, aquele capaz de transformar uma realidade em algo que contribua para o alcance dos objetivos das organizações. Essa nova tendência possui ligações muito maiores que aquelas formadas no período chamado taylorista, fordista ou toyotista, e até mesmo que aquelas formadas no período em que as relações de trabalho eram manipuladas pelos movimentos behavioristas da administração (QUELL, 2006).

Quando o ser humano é considerado não somente um elemento da cadeia de produção, mas um arquivo vivo de conhecimento operacional, de

processos e de relacionamentos internos e externos, observa-se que o conhecimento que este indivíduo possui e formou – não somente durante sua estada nas empresas, mas por toda a vida, inclusive social —, é o instrumento mais importante e delicado nas novas estratégias de gestão de recursos humanos.

5.2 A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PARA A SISTEMATIZAÇÃO DA GESTÃO DO CONHECIMENTO

A quantidade de informações a que os empregados estão sujeitos é muito elevada. A rapidez com que esses dados trafegam, auxiliados pela tecnologia, é considerável. Apesar disso esse “mar” de informações somente será útil à empresa se puder ser transformado em conhecimento. Davenport e Prusak (1998) afirmam que a “informação é um dado que faz diferença”. É possível aprofundarmos e aprimorarmos esse raciocínio, dizendo que o conhecimento passa a ser também uma informação que faz diferença, ou seja, aquilo que pode trazer contribuição para a empresa. Somente um trabalhador bem formado poderá fazer com que os dados que lhe são apresentados, ou que lhe são disponibilizados, se transformem inicialmente em informação e posteriormente em conhecimento. Imagine-se uma empresa com um ambiente propício, no qual o conhecimento e sua disponibilização estejam ao alcance de trabalhadores qualificados por uma boa formação. Ter-se-á, assim, uma organização do conhecimento em que a totalidade e cada um dos funcionários vai interagir não mais em nível de notícia, mas sim em nível de saber (QUELL, 2006).

Ao dizer-se que a essência está no conhecimento destas variáveis não se pressupõe que basta ter notícias dela, tê-las engendradas em complexos relatórios e manuais, mas sim que estas sejam tidas e manipuladas com consciência e fazendo-as transformarem-se em ação diretiva.

A velocidade das mudanças na economia e na sociedade globalizada afetará as empresas que não forem competentes, bem como os trabalhadores que resistirem às tendências mercadológicas e não se posicionarem a favor da estabilidade interna e externa das empresas a que estão ligados.

A gestão do conhecimento prevê que, com confiança e credibilidade, as ações internas e externas das organizações possam oferecer a todos aqueles ligados à produção, direta ou indiretamente, um desenvolvimento sustentável.

Essas afirmações levam a um fator de grande importância na implementação de instrumentos de gestão de conhecimento, a eliminação das fronteiras hierárquicas, quer sejam em nível vertical, quer sejam em nível horizontal. Isso reflete a ideia de que, uma vez que exista confiança e responsabilidade na operacionalização de um processo ou produção, tais fronteiras somente serviriam para retardar as atividades, além de constranger a criatividade e conseqüentemente as inovações – estas, inerentes e inevitáveis em ambientes propícios, nos quais a liberdade de pensamento e expressão existam de fato. Estes ambientes existem em comunidades do conhecimento, ou, para não fugir do objetivo, em empresas que aprendem.

Para que uma empresa, estrategicamente estruturada, tire o máximo das técnicas de gestão do conhecimento e possa atingir seus objetivos, é importante que desenvolva condições de valorização do conhecimento. Cuidado redobrado deve ser tomado ao serem feitas incursões nesse campo. É preciso distinguir a valorização do conhecimento enquanto valorização de seu detentor, da valorização do conhecimento enquanto meio de troca e de transações internas e externas à empresa (QUELL, 2006).

Quando há referência à valorização do trabalhador pelo acúmulo de conhecimento, se lida com o elemento que poderá distinguir os indivíduos na organização conforme suas competências e seu conhecimento propriamente dito. Vender e comprar ideias não faz parte do objetivo básico das organizações em se tratando de relações de emprego, mas podem ser meio de comércio em se tratando de comercialização de ideias.

Sendo o conhecimento fruto da formação e informação a que o trabalhador é submetido desde tenra idade, a bagagem que carrega pode ser de tal ordem que a sua mensuração matemática tornar-se-ia infundada. Aliem-se a esse fato, as diferenças culturais entre grupos sociais e obter-se-á uma interferência ainda maior na resultante, ou seja, na base de conhecimento do indivíduo. Dois profissionais de competências semelhantes, apuradas mediante critérios científico e instrumental de avaliação perfeitamente idênticos, reagirão a um dado problema ou situação de maneira diferente, segundo os valores culturais que carregam, mesmo que façam uso de um mesmo mecanismo de solução. Isso equivale dizer que o elemento cultural pode interferir na forma de agir de um trabalhador qualificado.

É possível valorizar e mensurar o conhecimento desde que sejam estabelecidos parâmetros imparciais que relacionem tais conhecimentos com os objetivos da empresa. Frisando bem esse conceito, espera-se que os conhecimentos estejam em sintonia com os interesses da empresa e não somente com os aspectos operacionais diretos. Um exemplo seria a cadeia de relacionamentos de um profissional que possa vir a ser útil para a empresa em que trabalha. Não somente os relacionamentos profissionais, mas também os sociais. De nada vale para uma montadora de automóveis o fato de seu gerente de produção conhecer técnicas de massagem hindu, mas será de muito valor que ele conheça ou tenha fácil acesso a grupos de profissionais diretores ou proprietários de empresas ligadas ao setor automobilístico.

Os sistemas de gestão do conhecimento permitem, em teoria, que os trabalhadores sejam alocados em posições adequadas, eliminando-se assim a subutilização do potencial de um profissional. Isso possibilita uma melhor distribuição das funções, e, em muitos casos, o estabelecimento de condições de trabalho mais racionais, nas quais o tempo de produção necessário é evidente. Isso se torna um facilitador à abertura de espaço para novos profissionais.

Por meio de seu conhecimento, suas habilidades e competências, o indivíduo pode representar o diferencial no sucesso ou fracasso dos negócios das empresas. Como já existe uma estabilidade em termos tecnológicos no mercado global, investir na capacitação e no aproveitamento desses indivíduos passou a ser o trunfo das grandes corporações, como forma de alavancar e potencializar seu mercado de atuação. Os mecanismos ou instrumentos de gestão do conhecimento passam, então, a representar uma das principais tecnologias pelas quais as empresas se revitalizam. Apesar disso, como todo novo conceito, exige cautela, medida e critérios (QUELL, 2006).

A nova tendência de gestão do conhecimento nas empresas possui características marcantes e poderosas, capazes de promover no ambiente interno das empresas, nos mercados nos quais elas participam, e na sociedade na qual interferem, um cenário racional de aproveitamento da força de trabalho, criando oportunidades efetivas de desenvolvimento individual e corporativo.

Como todo ambiente complexo, esta dimensão não pode prescindir de outra importância similar: a dimensão tecnológica, por meio da qual se observa a dinâmica que interliga o indivíduo ao resultado organizacional pretendido.

O homem sozinho, isolado, não atende às expectativas da sociedade. Em grupo, os homens precisam de mecanismos que os auxiliem a realizar atividades grupais ordenadas e produtivas.

Nas organizações, a quantidade de conhecimento que se acumula pelos corredores, pelas salas, por todos os ambientes é imensa e incomensurável. Instante após instante, todo esse conhecimento é readaptado e recomposto, gerando novos cenários de relacionamento. Vale ressaltar que não se fala simplesmente do conhecimento estratégico, mas também do operacional, do político, do físico e do comunitário, dentre outros. A harmonização de todos esses conhecimentos em um único conjunto, capaz de proporcionar à instituição uma gestão estratégica eficaz, somente pode ser obtida a partir de uma abordagem que facilite o entendimento, a classificação, a interpretação e a distribuição do conhecimento (QUELL, 2006).

Quando há referência a essa abordagem, busca-se resgatar a essência da competitividade das organizações que, somente é alcançada quando existe clareza dos objetivos, sejam eles institucionais departamentais ou processuais. Se forem levadas em consideração as características básicas de composição de objetivos, a viabilidade, clareza e conhecimento formam e definem o grau de facilitação para o seu alcance.

Partindo do princípio de que nas organizações um dos principais recursos é o próprio conhecimento, a estruturação e acompanhamento da dinâmica de manipulação, o aproveitamento e transferência de conhecimento interna e externamente à organização contribuirão não somente para a finalidade da empresa, mas também para o desenvolvimento de uma comunidade acadêmico-profissional capaz de projetar a imagem da instituição na comunidade local, nacional ou internacional, dependendo dos anseios e do empreendedorismo existentes na filosofia e políticas adotadas.

Ficar estático demais significa não ter velocidade para desviar de uma rota em função das contingências. Ficar flexível demais pode significar desviar muito antes do ponto eficaz. Olhar para o futuro com olhos aguçados e tendo nas mãos o instrumento adequado e na medida correta permitirá às organizações navegar pelas incertezas e transformações globais com menor risco e maior aproveitamento.

5.2.1 O desafio da articulação de lógicas

O homem é um ser solitário, que vive em sociedade. Nesse paradoxo, encontra-se a razão pela qual, até hoje, o entendimento do conhecimento que cerca a humanidade e que lhe permite desenvolvimento é tão abstrato e impreciso. Quando um indivíduo transmite informação para outro, ele o faz com base em sua estrutura cognitiva, formada pela interação com o ambiente.

Conforme os objetivos de cada indivíduo vão se modificando, suas necessidades de aquisição de conhecimento vão aumentando. Isso ocorre desde o nascimento e percorre toda a vida do homem. Uma das formas mais comuns de aquisição de conhecimento é pelas inúmeras interações sociais. Na troca de experiências e de informações associadas à experimentação, os homens obtêm novas acomodações em suas estruturas cognitivas e, portanto, assimilam novos conhecimentos.

No cotidiano da sociedade, diversos elementos são arremessados constantemente contra os indivíduos na forma de dados, informações e conhecimentos. Apesar disso, cada um desses elementos promove uma determinada reação e interfere em um determinado grau nos objetivos individuais, corporativos e sociais. A maneira como essa interferência se dá determina seu escopo e abrangência (QUELL, 2006).

Na forma de dados, esses elementos correspondem ao estado bruto e não interpretado de um fato ou evento, enquanto na forma de informações, apresentam características de registro, classificação, organização e interpretação que, dentro de um dado contexto, exprimem significados.

Conceituar e demonstrar a abrangência do termo conhecimento não é tarefa trivial. Se dado é um evento ou fato em seu estado bruto e informação é a transformação deste dado em um elemento significativo por meio de um processo de organização e interpretação, o conhecimento é o elemento que permite ações efetivas e controladas sobre visualização e/ou composição daqueles eventos e fatos que dão origem aos dados.

A esse conjunto chame-se ciclo básico do conhecimento, tal como demonstrado na Figura 14, edificado na busca da compreensão da realidade e que permita ação direta modificadora desta ou, simplesmente, aceitabilidade e

reconhecimento do evento.

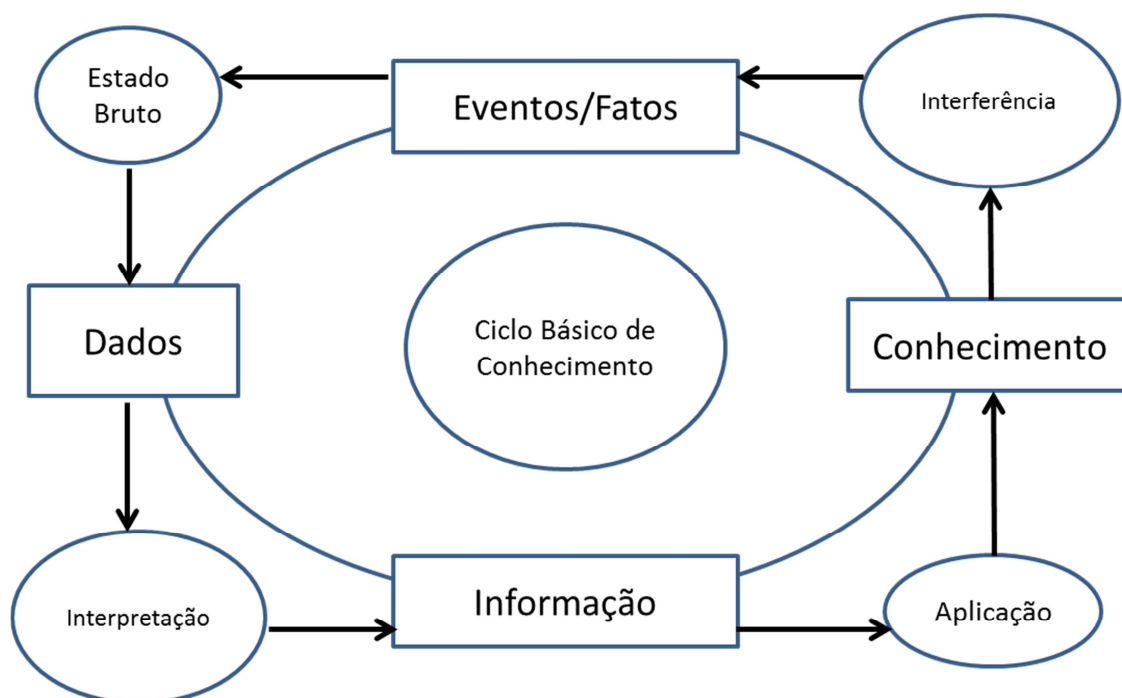


Figura 14 - Ciclo Básico do Conhecimento

Fonte: QUEL, 2006

Este ciclo demonstra o caminho na formação do conhecimento e de sua interferência na realidade ou nos eventos que a formarão. Esses eventos são, assim, as origens dos dados que, por sua interpretação, se transformam em informação, e quando da aplicação ou aplicabilidade, se transformam em conhecimento. Quando se trata o conhecimento como elemento que pode modificar uma realidade ou então permitir intervenção ou utilização desta para a composição de ações diversas, em nível estratégico, para a solução de questões institucionais de qualquer natureza, verifica-se o quão vital é o efetivo aproveitamento desse elemento na condução de gestão de organizações. Contudo, quando se fala de conhecimento, em nível institucional, de certa maneira busca-se um momento de reflexão, mesmo que reducionista, a respeito de quais componentes de conhecimento são importantes para o processo mencionado. Seria infundada a ideia de que o complexo mundo do aprendizado e do desenvolvimento de estruturas cognitivas pudesse ser abordado, em toda a sua extensão, como um elemento de gestão de negócios.

Faz-se necessário, no entanto, entender como o conhecimento pode ser

visto nas organizações no sentido de compor lógicas individuais ou compartilhadas. Nonaka e Takeuchi (1997), em suas considerações sobre dimensão ontológica da criação do conhecimento, afirmam que:

Em termos restritos, o conhecimento só é criado por indivíduos. Uma organização não pode criar conhecimento sem indivíduos. A organização apoia os indivíduos criativos ou lhes proporciona contextos para a criação do conhecimento. A criação do conhecimento organizacional, pois, deve ser entendida como um processo que amplia o conhecimento criado pelos indivíduos, cristalizando-o como parte da rede de conhecimentos da organização.

Michael Polanyi (2009) distinguiu, em caráter epistemológico, o conhecimento em dois grandes grupos: conhecimento tácito e conhecimento explícito. Essa separação talvez auxilie no entendimento do grupo de conhecimento que se deseja associar à complexidade organizacional. O autor considerava como conhecimento tácito aquele que é pessoal, específico ao contexto e, assim, difícil de ser formulado e comunicado. Já o conhecimento explícito, ele se referia àquele passível de codificação, transmissível em linguagem formal e sistemática. O reconhecimento de que a parte explícita do conhecimento representa uma fração do conhecimento individual aponta para a verificação de que existem inúmeros formatos de conhecimento que não podem ser expressos, definidos ou transferidos.

5.2.2 Conhecimento Tácito e Explícito

A interação entre esses dois tipos de conhecimento nas organizações permite que se verifique a maneira mais inteligível de relacionamentos entre as lógicas diversas existentes nas instituições.

Todos os indivíduos da organização possuem um conjunto de conhecimentos prévios à sua entrada, conferidos segundo suas experimentações. Quando a organização recebe um novo membro, ele procura fazer com que sejam notadas características de semelhança com os demais, como também características que complementem o universo de competências e conhecimentos necessários à organização.

Quando a organização age assim, ela está buscando identificar o

conhecimento tácito que está “adquirindo”. Infelizmente, quando ela passa a criar padrões, também está fragilizando a diversidade construtiva e relevando características de complexidade e caos, normalmente imbricadas nos indivíduos.

Assim que o indivíduo passa a fazer parte da organização, inicia-se um processo de transmissão de seu código pessoal, que – assim como o código genético —, uma vez assimilado pela organização, passará a compor a sua totalidade em uma combinação com todos os outros indivíduos que a integram.

Dado que a complexidade irá exigir das organizações uma forma de lidar com a realidade sob a orientação de um método específico, baseado na racionalização do indivíduo, pode-se acreditar que o método que a complexidade busca esteja na essência do conhecimento.

Permitir que o conhecimento gere conhecimento por intermédio de formatos ou mecanismos auto reguladores possibilitará o vislumbre desse novo método complexo, mesmo que de percepções individuais.

A ideia de gerenciar conhecimento, estritamente do ponto de vista do pensamento complexo, transporta análise para o campo da gerência de recursos humanos intangíveis e incertos, inerentes à teoria da complexidade. Mesmo considerando a possibilidade de padronização de informações para a construção de bases de dados que permitam a facilitação da transformação do conhecimento em seus diversos tipos, como estudados por Nonaka e Takeuchi (1997), buscar nos indivíduos esses recursos e na articulação desses recursos o fundamento para as ações organizacionais parece o método corporativo mais racional.

Se esse objeto intangível e volátil que é o conhecimento incorpora características complexas de incompletude e de domínio relativo, tanto no nível individual quanto no institucional, os princípios de gestão que nortearam as ações administrativas nos últimos dois séculos – e que ainda se encontram presentes no cotidiano das empresas – tornam a ideia de gestão do conhecimento ainda carente de um método que leve em consideração essa associação da complexidade ao próprio método (QUELL, 2006).

Uma vez que o conhecimento é uma produção humana, enraizada no indivíduo e que deste se nutre como em um processo simbiótico – no qual ambos demonstram suas particularidades ao mesmo tempo em que individualmente não existiriam —, esse binômio não pode ser separado. O conhecimento somente existe nas pessoas. Nas organizações isso continua sendo uma verdade e, por

meio do reconhecimento dessa premissa, será possível buscar métodos de gerenciamento baseados na complexidade se sua resultante.

Ao se considerar que o indivíduo é um repositório de conhecimento e que do relacionamento dele com outros, dentro da organização, surgirão inúmeras combinações para a formulação de novos conhecimentos – que permitirão acomodação pelo aprendizado organizacional —, o indivíduo deverá passar a ser considerado uma das células deste organismo empresarial. Um organismo formado por células que carregam em seu núcleo todas as informações genéticas sobre a composição do todo, sendo por este reconhecidas, alimentadas e protegidas. O todo compreende a importância e o papel de cada célula na constituição de sua integridade e na dinâmica de sua realidade (QUELL, 2006).

No gerenciamento do conhecimento, essa analogia é complexa da mesma maneira e arrisca-se a possibilidade de leitura de que o conhecimento somente exista nas pessoas – fora delas voltaria a ser tão somente informação. Esse ciclo começa na percepção da realidade, passa pelo reconhecimento da informação, internalização de conhecimento e se consolida na aplicação deste conhecimento à realidade. Quando esse conjunto de conhecimentos é extraído do ciclo para compor outra entidade, ele volta ao estado original de informação, que somente voltará a ser tida como conhecimento quando for importante para outro indivíduo e, conseqüentemente, passar a integrar o ciclo.

Sugere-se, enfim, que um método de entender e gerenciar o conhecimento, em seu sentido mais amplo, considerando a complexidade desse tratamento, cuide e dê conta de lidar com a consolidação de uma consciência coletiva baseada nas ligações individuais e na formação de condições de operacionalização organizacional baseada nestas. Gerenciar pelo conhecimento soa mais adequado do que gerenciar o conhecimento.

O homem sempre procurou, de uma maneira ou de outra, criar mecanismos que lhe permitissem demarcar, localizar e reconhecer recursos da natureza. Dessa forma, criou o mapa que o auxiliava a registrar esses recursos e ambientes.

Com a constante evolução da humanidade, o homem passou a ver nos mapas um potencial maior de utilização, lançando mão desse instrumento para mapeamento de inúmeras situações e necessidades que exigiam o registro da posição de um dado recurso no universo da civilização. Grande parte do que é

possível transformar em mapa, geralmente relacionada a aspectos visíveis e comprováveis, já foi. Para as empresas, a utilização de mapas passou a ser frequente na construção de indicadores de recursos e aplicações/investimentos. São mapas de mercado, de logística, mapas de clientes e de fornecedores. O próprio conceito de *just in time*, ou seja, “sincronização do fluxo de produção, dos fornecedores aos clientes” leva em consideração a utilização de mapas que permitam um roteiro eficaz da produção.

Ao serem tratados os elementos mais complexos, cujo mapeamento foge do aspecto físico ou puramente determinístico e passa a considerar variáveis mais incertas e não absolutamente visíveis, o processo de mapeamento torna-se ainda mais instável. O conhecimento é um destes campos em que o mapeamento se torna inviável se for tratado em seu todo e de uma forma extremamente holística. Entretanto, pode-se fazer algumas analogias e abstrações que sirvam para dar outras formas de entendimento das possibilidades alternativas;

Ao se observar uma organização empresarial como um grande território, tal como um mapa geográfico de relevo, será evidenciada a existência de diversos recursos caracterizados pela abrangência e profundidade. Nele se encontram todos os diretores, gerentes coordenadores, funcionários operacionais, etc. Cada qual demonstrando um determinado grau de elevação em uma abstração ao conceito geográfico. Ao se passar a associar cada um desses elementos do mapa a um conjunto de conhecimentos em potencial, está se demonstrando onde, neste mapa, estão distribuídos tais conhecimentos. Ter-se-ia, então, um instrumento de mapeamento que nos permitiria encontrar, no ambiente delimitado, os recursos que possuem os conhecimentos requeridos em uma dada situação. Mais do que a simples localização física, o mapeamento permitiria definir o caminho necessário para se localizar este conhecimento, que muitas vezes pode estar fora da abrangência de um determinado setor (QUELL, 2006).

A melhor forma de se gerenciar o conhecimento é, em primeira instância, saber onde ele se encontra. Poder-se-ia cair no engano de interpretar que o conhecimento como algo generalista que faz parte do repertório de todo um grupo, entendendo-se assim que bastaria mapear um grupo para que tal conhecimento estivesse identificado e catalogado. O conhecimento, porém, não é um produto de forma única e padronizada; ele é um composto de experiência e

pesquisa, de vivência e de construção cognitiva, portanto, diferente para cada indivíduo, mesmo que tenha uma origem comum.

O propósito de mapear o conhecimento dentro de instituições é o de promover o acesso a elementos que permitam a construção de resposta a qualquer questionamento, sejam de ordem estratégica, tática ou operacional, a partir do conhecimento coletivo existente e latente no ambiente da instituição. Além disso, de maneira secundária, estar-se-ia plantando a semente de uma consciência comunitária, na qual todos estão interligados por seus saberes e, portanto, habilitados a colaborar a dar respostas a muitas perguntas ou ainda na construção de novos saberes. Aliás, este ambiente sistêmico pode, direta e indiretamente, promover uma auto adaptação da comunidade/organização às novas realidades que se formam, interna e externamente.

O primeiro passo na busca do conhecimento é justamente saber defini-lo, entender sua complexidade e passar a enxergá-lo como um processo que envolve características multifocais e multi-operacionais, cuja não observância pode levar ao erro ou à ilusão a respeito da realidade à qual o conhecimento está atrelado ou a respeito dos objetos a ele associados (QUELL, 2006).

A pertinência de um conhecimento está relacionada à capacidade de migração de uma visão fragmentada da realidade e ao entendimento de que existe um todo, ou seja, um nível global que dá forma e consistência aos fragmentos formados pelas diversas disciplinas e pelos atores deste cenário.

O primeiro instante de uma possível proposta de mapeamento corporativo do conhecimento é a definição clara de quem são os portadores de conhecimento dentro das instituições. Se afirmarmos que o conhecimento que interessa é aquela que faz diferença para a realidade organizacional, então deverá ser entendido que tais portadores serão todos aqueles ligados diretamente ao processo de produção. Não se pode deixar de pensar naqueles que estão engajados em programas de pesquisa, tampouco esquecer daqueles que dão suporte para as ações nesses campos. Em outras palavras, pode-se dizer que, dentro das instituições, existe uma realidade formada por um número expressivo de elementos que, interagindo em prol de um objetivo comum, formam aquele todo organizado. Se estes elementos fazem parte de um sistema organizado, todos os conhecimentos que colaboram para a manutenção desta organização associam os indivíduos a portadores que interessam ao objetivo de

desenvolvimento constante e ações organizacionais eficientes e eficazes.

As ações humanas são oriundas da estrutura cognitiva dos indivíduos; já seus comportamentos, atitudes, habilidades e competências são frutos da interseção desta estrutura com o meio físico e social em que estão inseridos. Isso equivale a dizer que um evento organizacional dependerá do estado momentâneo dos indivíduos. Se for considerado que cada indivíduo reage de uma forma particular a um dado estímulo e que a maioria dos estímulos pode variar de acordo com o próprio estado dos indivíduos, então se nota que a probabilidade de que um estímulo se repita no mesmo formato, tempo e espaço é ínfima, desprezível do ponto de vista matemático, e, por que não considerar, improvável.

Se o conhecimento é fruto da exploração e da experimentação, conforme estudos, então o que os indivíduos conhecem é fruto de uma composição de tempo, espaço e circunstância, o que leva à conclusão de que o conhecimento é auto renovável e está renovação ou assimilação de novos elementos é casualística. Os indivíduos, então, dentro de uma organização, passam a ser os repositórios de conhecimento organizacional que darão a ela a forma e imagem da organização. Ela será, em termos absolutos, a imagem e a forma resultantes da soma de toda a coletividade humana e tecnológica a ela associada.

Parte desta imagem será formada pelo conjunto interno de interferências humanas e técnicas. A outra parte desta imagem será advinda das pressões e interferências do meio externo. Mas independentemente das forças internas ou externas, a organização sempre será o resultado do conjunto de conhecimentos a ela aplicados e, a partir dela, constituídos (QUELL, 2006).

Ao gerir os conhecimentos disponíveis e existentes na organização, identificados e mapeados em sua grande maioria, localizáveis rapidamente e acessíveis para a tomada de decisão e estudos de qualquer natureza, a organização estabelece um salto qualitativo considerável e passa a interagir com a complexidade, sem torná-la necessariamente um instrumento. De forma semelhante, assim acontecerá com o conhecimento, que deixa de ser um instrumento e passa a ser uma entidade ou conjunto de entidades que constituem a alma da organização.

Em resumo, não há evento mais complexo que a própria formação do conhecimento. Se ele é consequência da formação de estruturas cognitivas, as quais se constituem pela experiência e contato do indivíduo com a realidade, o

mundo e a sociedade na qual está inserido, então cada indivíduo é um ser completamente diferente e complexo, com entendimentos de mundo e de realidades diferentes.

Considerando o conceito de organização como a reunião de indivíduos que compartilham interesses e objetivos comuns em essência, é possível entender que o conhecimento coletivo é tão complexo como o individual e que a organização será a composição das inúmeras formações de conhecimento de seus membros, gerando, assim, um conjunto complexo organizacional de conhecimento.

As organizações podem aprender desde que seus membros sejam mantidos, pois, assim como o aprendizado individual resulta da interação das estruturas cognitivas do indivíduo com o meio o qual está ligado, gerando readaptações constantes, a organização deverá sofrer o mesmo processo somente se as estruturas anteriores forem mantidas, caso contrário, ela estará regredindo em seu conhecimento e não recebendo novas agregações.

Quando se pergunta o que há de complexo nas organizações, a resposta mais racional e objetiva possível é: o conhecimento. Com ele e através dele a complexidade se apresenta e a vida organizacional somente é válida a partir de sua constituição e efetivo aproveitamento (QUELL, 2006).

O conhecimento como elemento complexo não pode ser gerenciado em seu conceito estrito. Gerir pelo conhecimento é possível, desde que haja entendimento de que o conhecimento reside nos indivíduos e com eles permanecerá enquanto fizerem parte da organização. O termo gerir pelo conhecimento é a maneira pela qual é possível abstrair a tarefa de compor conhecimentos para a atuação em eventos complexos. Isso se torna claro quando se nota o caráter intangível, mutável, inconstante, incerto e dinâmico do conhecimento. Essas características o colocam automaticamente ligado ao conceito de complexidade e assim deve ser entendido e tratado.

As organizações estão enraizadas em um modelo cultura que não privilegia a percepção de detalhes e de como estes interferem e modificam a estrutura global da organização.

Para que a complexidade possa ser entendida nas organizações, estas precisam passar a se enxergarem como elementos complexos por natureza e parte de um macrossistema também complexo que, por sua vez, está inserido em

um metassistema complexo.

A complexidade sempre será composta de eventos que não podem ser reproduzidos, uma vez que cada elemento que a compõe pode transformá-la, inclusive o próprio agente da tentativa de reprodução. Essa é a essência da complexidade. O conhecimento é sempre desatualizado e, a cada tentativa de readaptação, a complexidade dos eventos o torna novamente obsoleto.

6 METODOLOGIA

Neste Capítulo descrevem-se os tipos de estudos adotados, a caracterização do ambiente com suas abrangências e restrições e as ferramentas adotadas para o levantamento e tratativa dos dados enumerando-se a sequência dos passos do trabalho.

6.1 A ESPIRAL DO CONHECIMENTO.

O modelo de gestão do conhecimento adotado neste estudo é a “Espiral do Conhecimento” criado por Nonaka e Takeuchi (1997).

A espiral do conhecimento é direcionada pela intenção organizacional que é definida como a aspiração às suas metas. Em geral, os esforços para alcançar a intenção assumem a forma de estratégia dentro de um contexto de uma empresa. O elemento mais crítico da estratégia da empresa é a contextualização de uma visão sobre o tipo de conhecimento que deve ser desenvolvido e a operacionalização desse conhecimento em um sistema gerencial de implementação (NONAKA e TAKEUCHI, 1997).

Quando ocorre a interação entre os conhecimentos explícito e o tácito surge a inovação. A criação do conhecimento organizacional é uma interação contínua e dinâmica entre os conhecimentos tácito e explícito. Essa interação é moldada pelas mudanças entre diferentes modos de conversão que, por sua vez, são induzidos por vários fatores.

6.2 INFORMAÇÕES GERAIS DO ESTUDO

Para Matias-Pereira (2012) “a pesquisa científica é um procedimento reflexivo e crítico de busca de respostas para problemas ainda não solucionados”.

A pesquisa foi desenvolvida e realizada através de dados coletados nas linhas de inserção automática de componentes em uma empresa de manufatura de produtos eletrônicos de consumo localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM) - no Estado do Amazonas. A população do estudo são nove linhas de produção que operam em três turnos de produção e de 2^a a Sábado. No período de tempo compreendido entre Novembro de 2013 e Março de 2014 dados de produção daquelas linhas foram coletados para esta pesquisa científica.

Trata-se de uma Pesquisa Quantitativa onde Silva e Menezes (2001) considera que tudo poder ser mensurável, o que significa traduzir em números as opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. É também uma Pesquisa Participante, pois há interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Quanto a natureza trata-se de uma Pesquisa Aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo verdades e interesses locais (SILVA E MENEZES, 2001).

Quanto aos Objetivos trata-se de uma Pesquisa Exploratória que visa proporcionar maior familiaridade com o problema a fim de torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso (SILVA E MENEZES, 2001).

Trata-se também de um Estudo de Caso que envolve o estudo de alguns objetos permitindo seu amplo e detalhado conhecimento e completa-se como parte de abordagem Quase Experimental, onde segundo Yin (2009) é uma situação onde o pesquisador não pode manipular o comportamento, mas a lógica do projeto experimental ainda pode ser aplicada.

É uma Pesquisa Bibliográfica, no que tange a procedimentos técnicos, pois é elaborada a partir de material já publicado constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e material disponível na internet (SILVA E MENEZES, 2001).

6.3 ABORDAGEM DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

Shingo (2010) afirma que um método de melhoria bem conhecido chama-se Abordagem Científica ou Abordagem do Pensamento Científico Experimental que pode ser detalhado desta forma:

- Conheça a área de estudo.
- Concentre-se nos fatos a serem avaliados e decida o escopo da investigação.
- Colete e examine todos os registros relacionados e documentos existentes.
- Observe, meça e registre todos os problemas do método atual.
- Analise cada elemento medido e registrado, identificando o problema mais importante.
- Elabore um plano para solucionar o problema.
- Faça um cronograma baseado no plano.
- Implemente o plano.
- Avalie se o resultado pretendido foi alcançado

Ainda de acordo com Shingo (2010) esse mecanismo do pensamento científico pode ser aplicado em qualquer situação onde exista possibilidade de melhoria, pois possui vantagens tangíveis sobre os demais métodos pelo fato de ser medido pelas mudanças reais no rendimento da produção resultante das melhorias implantadas de forma mais veloz e eficaz.

6.4 ÁREA DE ESTUDO

A empresa fundada há mais de 70 anos e é, atualmente, um dos maiores fabricantes de produtos eletroeletrônicos de consumo do Brasil, detentora de extenso portfólio de produtos do setor e respeitada por seus clientes. No Brasil a empresa conta com aproximadamente 2 mil funcionários e mais de 100 milhões de produtos já comercializados. A unidade fabril em questão encontra-se na cidade de Manaus inserida no Polo Industrial.

A unidade é certificada pelo Sistema de Gestão Integrada (SGI), que a

credencia com a ISO 9001 e ISO 14001, que tratam da qualidade e meio ambiente respectivamente.

A empresa, que está presente através de seus produtos na grande maioria dos lares brasileiros, cria, desenvolve, produz, comercializa e presta suporte técnico para um vasto espectro de produtos incluindo equipamentos de áudio e vídeo, computadores pessoais, telefones, dentre vários. Comprometida e consciente de seu papel na proteção ao meio ambiente a empresa desenvolve iniciativas para minimizar o impacto ambiental de suas operações em todo o ciclo produtivo e comercial: do desenvolvimento de artigos e utilização de materiais à responsabilidade pós-consumo e o adequado tratamento ambiental dos produtos.

O processo produtivo pode ser dividido em três partes: a inserção/assentamento automática de componentes (IAC), inserção manual de componentes (IMC) e montagem final e testes (FAT). Este estudo foi realizado nas linhas de montagem da parte da IAC.

6.5 LINHA DE MONTAGEM AUTOMÁTICA

A manufatura de produtos eletrônicos desenvolveu-se notavelmente com a introdução da tecnologia *Surface Mounting Technology* (SMT), a qual permitiu a miniaturização dos circuitos, redução dos custos logísticos e aumento na produtividade das linhas de montagem que usam equipamentos e máquinas *Surface Mounting Devices* (SMD).

A montagem de produtos eletrônicos envolve muito mais que o agrupamento de componentes como diodos, transistores, resistores, circuitos integrados, capacitores, e placa de circuitos impressos pelo intermédio de juntas de solda. Atualmente, é impossível produzir aparelhos através de processo manual, face às dimensões diminutas dos componentes dificultando seu manuseio, densidade de componentes numa placa de circuito impresso, sensibilidade dos componentes à umidade, etc. requerendo, portanto, um nível de automação para ser viabilizado.

Componentes são montados (assentados) em ambas as superfícies externas da placa de circuitos impressos e fixados às ilhas de cobre por meio de juntas de solda, não somente para fixá-los mecanicamente, mas também para

prover um necessário e confiável contato elétrico. A este conceito dá-se o nome de Montagem em Superfície ou SMT.

O processo SMT inicia-se pela etapa de impressão da pasta de solda. Uma impressora especialmente projetada para este fim deposita a pasta de solda específica para um determinado produto a ser montado, de forma que a pasta de solda deposite-se coincidentemente sobre as ilhas de cobre da placa de circuitos impressos por meio de estêncil.

A seção de *Surface Mounting Devices* (SMD), que consiste em máquinas de inserção automática de componentes na placa de circuitos impressos, é responsável pelo segundo passo no processo SMT. Dependendo dos componentes a serem inseridos e do produto a ser manufaturado, diferentes tipos de máquinas SMD são utilizados. Tais máquinas são comumente conhecidas como *pick-and-place* (pegar e montar). É bastante usual haver uma seção de inspeção logo após a inserção dos componentes, seja manual ou automática.

O passo seguinte consiste em fazer a placa de circuitos impressos, com os componentes, atravessar um forno programável e com diversas zonas de aquecimento, que vai provocar a refusão da solda, permitindo que os componentes sejam fixados à placa.

A Figura 15 mostra a configuração básica de uma linha SMT, para atender uma empresa de manufatura de produtos eletrônicos.

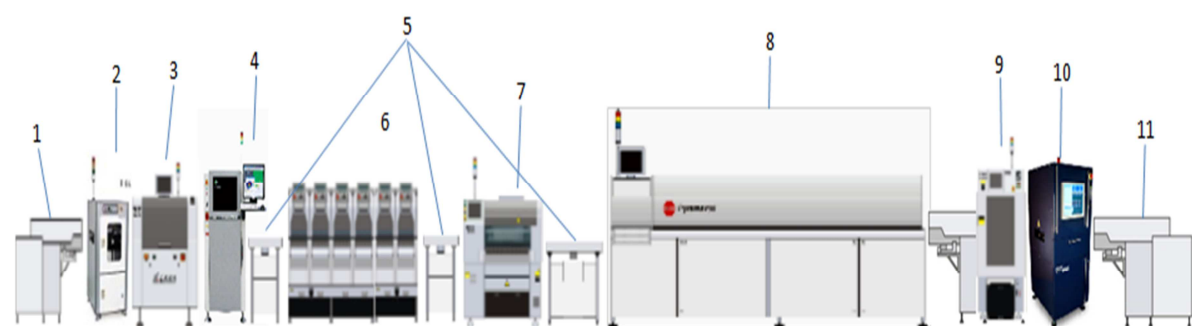


Figura 15 - Configuração de uma linha SMT

Onde:

1. *Loader*. Dispositivo utilizado colocar os magazines com placas a serem montadas;
2. *Bare Board Unit* (BBU): Dispositivo utilizado para colocar apenas as

- placas a serem montadas;
3. *Printer*: Equipamento utilizado para aplicação de pasta de solda;
 4. *Solder Paste inspection* (SPI): Equipamento utilizado para inspecionar automaticamente a pasta de solda aplicada;
 5. *Conveyor*: Dispositivo que serve de ligação entre os equipamentos;
 6. *Pick and Place*: Equipamento de alta capacidade produtiva utilizado para a montagem de componentes menores e mais simples, tais como resistores, capacitores e diodos;
 7. *Pick and Place – Fine Pitch*: Equipamento utilizado para a montagem de componentes maiores e mais complexos, tais como Circuitos Integrados e conectores;
 8. Forno de Refusão – Equipamento utilizado a realizar a soldagem;
 9. *Buffer* – Dispositivo utilizado para armazenar as placas que saíram do forno, antes de entrar na AOI;
 10. *Automated Optical Inspection* (AOI) – Equipamento utilizado para inspecionar automaticamente os componentes montados;
 11. *Unloader* – Dispositivo utilizado para colocar os magazines com placas montadas.

6.6 ETAPAS DO TRABALHO

Os procedimentos adotados nesta pesquisa serão discorridos a fim de esclarecer os métodos usados para alcançar os objetivos propostos. Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o tema proposto com o intuito de ampliar o conhecimento acerca do tema e investigar como os teóricos abordavam a problemática a fim de facilitar o atingimento dos objetivos geral e específicos. As principais fontes citadas foram livros, artigos e publicações na área do tema estudado.

Em seguida definiu-se a abordagem e o método utilizado para a operacionalização da pesquisa, definição da população a ser estudada bem como o cálculo da amostra que proporcionará o grau de confiabilidade e extrapolação que o estudo se propõe. A população definida para o estudo é a montagem de placas de circuito impresso em nove linhas de montagem automática de componentes. Nesta população inclui-se qualquer tipo de placa

independentemente do produto final que a utiliza.

No desenvolvimento do estudo realizaram-se ações fundamentadas no MASP (Método de Análise e Solução de Problemas) para identificar e mapear oportunidades de melhoria a serem estudadas onde se destacam as etapas abaixo que foram estampadas em cronograma específico:

1. Reunião Inicial. Realizou-se uma reunião com a participação de todo o grupo gerencial a fim de expor o estudo e seus objetivos bem como obter o comprometimento individual. Nesta oportunidade definiu-se que o sistema MES seria instalado em uma linha primeiramente considerando que o sistema estava em customização.
2. Definir o sistema MES a ser adotado. Alguns produtos foram avaliados tecnicamente por um grupo composto de três gestores e optou-se pelo sistema da empresa MAP CARDOSO. Fatores importantes foram: a assistência técnica local e experiência de mais de 15 anos com o sistema.
3. Medir desempenho atual. O desempenho das linhas de inserção automática era baseado no cálculo teórico da engenharia de produção e pelo cumprimento do plano de produção inexistindo qualquer sistema para medir tal desempenho.
4. Reuniões de acompanhamento. Uma vez que o sistema MES estava em desenvolvimento realizaram-se reuniões periódicas a fim de acompanhar os resultados, avaliá-los e validar o sistema MES. Nestes momentos avaliava também como os diferentes agentes interagem e o conhecimento era compartilhado.
5. Avaliação dos resultados. Foram usados elementos estatísticos bem como ferramentas da qualidade, a saber:
 - a. PARETO: tornar possível a visualização das causas de um referido problema (efeito) movendo-se da maior para a menor frequência/gravidade identificando de forma clara onde se localizam as causas vitais que originam o problema. Os principais efeitos derivam de um pequeno número de causas.
 - b. PDCA: para planejar, executar, verificar e agir sobre as decisões apontadas pelo grupo de trabalho.
 - c. ISHIKAWA: gráfico usado para elaborar e direcionar as ações.

- d. Gestão a vista: monitores de vídeo foram colocados em locais estratégicos ao longo das nove linhas de inserção com o intuito de mostrar, em tempo real, o desempenho de cada linha. É uma ferramenta que em muito auxilia na conscientização dos funcionários na introdução de um sistema de medição.
6. Definir habilidades individuais dos agentes. Importante fase, pois se tratava de uma desafiadora transição do pensamento qualitativo para quantitativo. Os funcionários, em especial os operadores das máquinas, estavam acostumados a atuar imediatamente a ocorrência de problemas nas linhas de inserção, mas praticamente inexistia o método de análise das causas dos problemas bem como a mediação do desempenho.

As melhorias ocorreram utilizando-se basicamente o gráfico de PARETO sempre presente nas reuniões semanais tanto no chão de fábrica quanto na sala de reuniões da diretoria da unidade fabril. Treinamento *on the job* foi conduzido para os funcionários dos três turnos de produção valendo-se de recursos áudio visual.

A aplicação de outras ferramentas como: histograma, JIT, cartas de controle, gráficos de dispersão, repetibilidade e reproducibilidade (R-R) não foi necessária para alcançar os objetivos propostos neste estudo.

6.7 COLETA DAS INFORMAÇÕES

Trata-se da coleta de dados primários extraídos das próprias máquinas que compõem as linhas de inserção automática.

A coleta foi realizada por funcionário responsável pelo setor de inserção automática. Este mesmo funcionário encabeçava uma reunião semanal com representante de outras áreas – Engenharia, Qualidade, Suprimentos, Planejamento – com o intuito de acompanhar os resultados obtidos e propor ações de melhoria.

A população do estudo são nove linhas de produção operando em três turnos e de 2ª feira a Sábado. No período de tempo compreendido entre Novembro de 2013 e Março de 2014 dados de produção daquelas linhas foram coletados para esta pesquisa científica e armazenados em banco de dados

exclusivo.

6.8 PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Os dados foram coletados pelo próprio sistema MES e serviram como fundamentação para as análises estatísticas deste estudo. Os dados eram fornecidos em tempo real pelo sistema MES e acompanhados constantemente pelos supervisores e operadores de máquina que receberam treinamento específico para interpretar as informações fornecidas pelo sistema. Os dados que auxiliavam a contar a história do turno de produção passaram a servir de referência às reuniões diárias entre o supervisor do turno de produção e entre os supervisores nas trocas de turno.

6.9 TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES E AÇÕES

As informações eram disponibilizadas em tempo real pelo sistema MES, analisadas a cada turno pelo supervisor e operadores de máquina, verificada diariamente pelo chefe da área de inserção automática e discutidas semanalmente aos gerentes e diretor da unidade fabril. Nesta reunião semanal ações advindas das informações eram debatidas bem como seus resultados e decisões eram tomadas baseadas nas informações extraídas do sistema MES. Representantes das áreas de planejamento, qualidade, manutenção e engenharia participavam da reunião semanal juntamente com membros da produção que preparava toda a apresentação das informações.

Uma central de monitoramento foi instalada para acompanhar durante as 24 horas do dia as linhas de produção que usavam o sistema MES. Um operador, neste caso o operador-líder, foi designado por monitorar a linha de produção e justificando, diretamente na tela do sistema, os desvios que ocorriam ao longo do turno de produção. A tarefa de monitoramento pode ser descrita resumidamente assim:

- a. A cada hora completa de produção o operador-líder identifica os desvios de produção e faz contato com os operadores na busca do conhecimento das possíveis causas;

- b. Em seguida, o supervisor é comunicado pelo operador-líder;
- c. O operador-líder preenche na tela do sistema espaços específicos para as causas dos desvios.
- a. São tipos mais comuns de desvio: troca de modelo, manutenção corretiva, componente não conforme, ritmo, falta de componente, alimentação errada de componente, retorno da pausa para alimentação e revezamento.

7 RESULTADOS

Os resultados obtidos serão apresentados de forma a relacioná-los com os objetivos específicos deste trabalho.

7.1 DIAGNOSTICAR O PROCESSO EXISTENTE ATRAVÉS DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Anteriormente à utilização do sistema MES como instrumento de medição o desempenho da área de inserção automática era, essencialmente, determinado pelo atendimento do seu cliente interno: a inserção manual. Ou seja, se as linhas de produção da inserção manual não fossem paralisadas por falta de placas oriundas da inserção automática considerava-se, então, que a inserção automática tinha um “bom” desempenho. Certamente tal medida qualitativa é insuficiente para atestar a eficiência da maior restrição da fábrica.

A partir, então, da instalação do sistema MES o processo produtivo das nove linhas nos três turnos passou a ser avaliado através de indicadores quantitativos com o propósito de mensurar, acompanhar, comunicar e melhorar o desempenho daquela área produtiva.

Em reuniões específicas envolvendo gerentes e chefes das áreas de planejamento, manutenção, engenharia, qualidade e produção definiram-se os seguintes indicadores para mensurar o desempenho da inserção automática:

- Utilização: obtido pela razão entre o tempo programado e o tempo operacional;
- Disponibilidade: indica quanto do tempo disponível para produção foi efetivamente usado para produzir. É obtida pela razão entre a quantidade de tempo produzindo e a quantidade de tempo programado;
- Qualidade: quantidade de placas defeituosas causadas pela alimentação errada de componentes;
- Desempenho obtido dividindo-se a quantidade produzida pela quantidade planejada;
- OEE definido pela multiplicação entre a disponibilidade, o desempenho e a qualidade. O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) foi introduzido por Seiichi Nakajima, um dos pais da **TPM** (*Total Productive*

Maintenance), como uma medida fundamental para se avaliar a performance de um equipamento, sendo usado como um dos componentes fundamentais da metodologia do TPM. Com a expansão da manufatura enxuta o **OEE** passou a ser largamente usado pelas empresas que adotaram esta filosofia de produção e ficou popular, sendo utilizado até por empresas que ainda não adotaram a produção enxuta (<http://www.oee.com.br/oee>).

Determinou-se que a 1ª medição seria dentro de um período de um mês para avaliar qual o desempenho geral da inserção automática. Após o mês ter transcorrido o resultado apurado está listado abaixo e expresso nas Figuras 16 e 17:

- Disponibilidade Média: 65%;
- Utilização Média: 55%
- Qualidade: média de 4.000 placas defeituosas:
- Desempenho Médio: 75%
- OEE Médio: 49%

É importante ressaltar que tais indicadores causaram muita estranheza e surpresa entre os gerentes e chefes a ponto da confiabilidade das informações fornecidas pelo sistema MES ter sido questionada veementemente. A fim de ratificar as medições um período adicional de duas semanas foi lançado mão. De toda sorte comprovou-se que o que não se mensura não se gerencia.

Passadas as duas semanas os resultados foram, então, novamente apurados e apresentados aos mesmos gestores e chefes sem, entretanto, mostrar variações significativas fazendo com que as informações dos indicadores fossem consideradas válidas. Os três indicadores revelaram juntos que havia muito espaço para melhorias.

Importante também mencionar o comportamento do grupo de gestores. Embora a necessidade em se possuir um sistema de medição de produtividade para a área de inserção automática tivesse sido reconhecida e concordada, a maioria dos gerentes envolvidos neste trabalho mantiveram a postura de desconforto diante dos resultados, porém a desconfiança deu lugar a reflexão e ponderação. Ficou evidente que o que mais os incomodava não era a dificuldade

em aceitar a realidade, mas como explicá-la. O processo de mudança da percepção daquelas pessoas tinha começado.

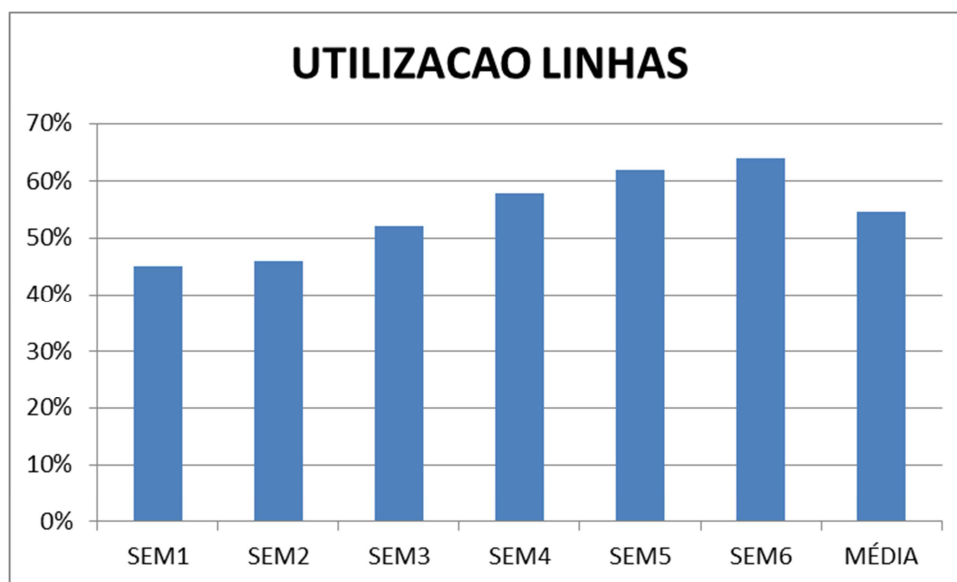


Figura 16 – Utilização das Linhas Produção em seis semanas

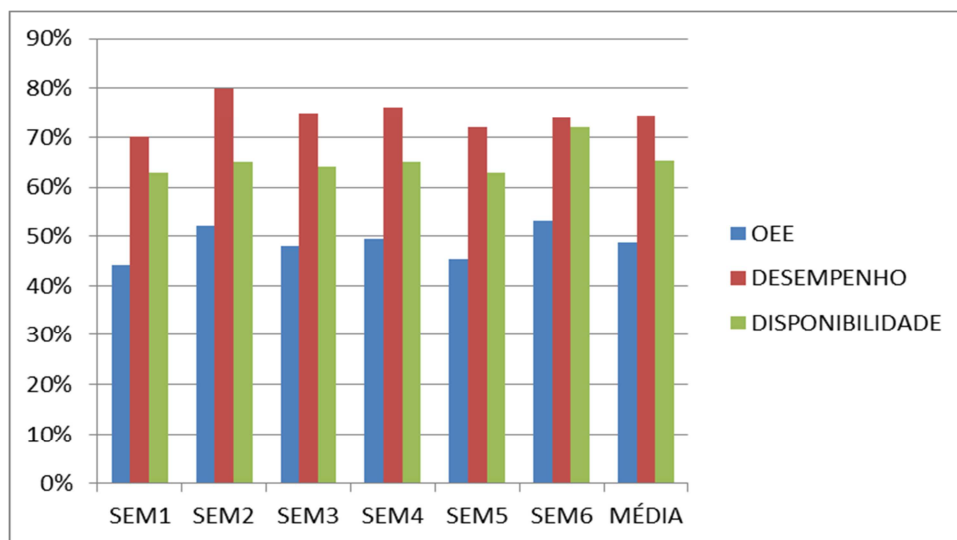


Figura 17 – OEE, Disponibilidade e Desempenho das linhas de produção em seis semanas

7.2 IDENTIFICAR AS PRINCIPAIS CAUSAS QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE (EXTRAÇÃO DE CONHECIMENTO TÁCITO)

Além do mês e duas semanas usados para determinar o desempenho da

área de inserção automática, outros três meses foram utilizados para determinar quais eram as principais causas que afetavam negativamente a produtividade das linhas de inserção automática. Ainda o sistema MES estava instalado em apenas uma das nove linhas disponíveis.

Reuniões semanais continuaram a acontecer a fim de conhecer os resultados preliminares, debater as coerências e sentido das informações, afinal tratava-se de um sistema de medição que nunca tinha sido utilizado pela área de produção. Era previsível e justificável, então, a resistência de uns e a insegurança de outros quanto à utilização do sistema.

Passadas as doze semanas, informações foram coletadas, analisadas e validadas resultando nas cinco causas abaixo listadas e ilustradas na Figura 18 foram as que mais fortemente influenciaram negativamente a produtividade naquela linha de inserção automática onde o sistema de medição fora instalado.

- Alimentação errada de componente: pela desatenção e descumprimento de uma dupla conferência anteriormente ao início da produção.
- Tempo excessivo para a troca de modelos: motivado pela inexistência de um procedimento específico contendo atividades e os respectivos tempos.
- Tempo elevado para lavar estêncil da impressora de pasta de solda: devido à falta de treinamento e procedimento operacional específicos.
- Inexistência de ordem de produção: atribuída pela falta de interação entre os agentes da produção e planejamento.
- Manutenção Corretiva: ocorrido pela falta de calibração de partes e peças das máquinas.

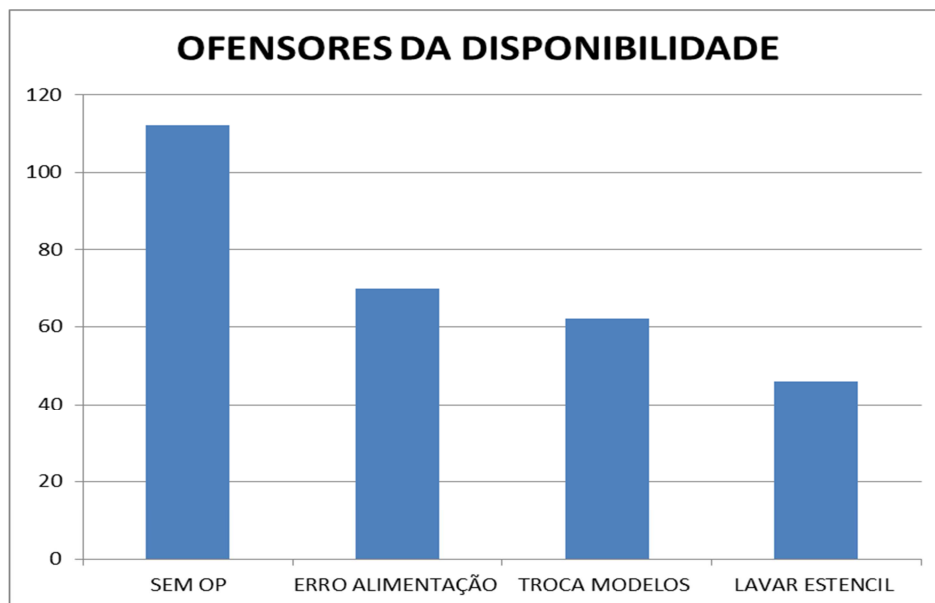


Figura 18 – Ofensores da Disponibilidade

Apesar de não pertencer ao grupo acima das cinco causas, uma gerou surpresa e vale a pena comentá-la: retorno do intervalo de refeição. O turno de trabalho tem duração de oito horas da qual uma é dedicada à refeição (almoço ou jantar). Tanto o horário da saída para quanto o retorno ao trabalho era controlado pelo próprio funcionário, ou seja, o comprimento dos sessenta minutos dependia exclusivamente do seu compromisso e disciplina. Neste período a linha de produção é desligada totalmente deixando de produzir. Ocorre que o intervalo de refeição apresentou uma duração média de setenta minutos. Interessante foi também a reação dos funcionários ao serem informados deste número: todos ficaram completamente surpresos e alegaram profunda decepção consigo. Para esta causa, entretanto, não foi necessária nenhuma ação especial; apenas a comunicação clara e confiável foi suficiente para dar a exata percepção aos funcionários sobre esta falha e deixar para que os próprios funcionários corrigissem sua conduta.

7.3 MELHORAR A QUALIDADE DAS DECISÕES GERENCIAIS (CONVERSÃO DO CONHECIMENTO TÁCITO EM EXPLÍCITO E EXPLÍCITO EM TÁCITO)

Para cada uma das causas que derrubavam a produtividade da inserção automática foi tomada uma série de ações a fim de combatê-las e assim podem ser descritas:

- Alimentação errada de componente: toda a alimentação de componente passou a ser realizada com o auxílio de leitores de códigos de barra a fim de evitar o erro na alimentação. Um funcionário alimenta, então, a máquina com o componente específico, verifica se o código de barras corresponde com o do componente e finaliza a operação. Em seguida, uma auditoria é realizada por outro funcionário a fim de assegurar a correta alimentação. O número de placas defeituosas causadas por alimentação errada de componente foi derrubada de quatro mil para zero em dois meses (Figura 18).

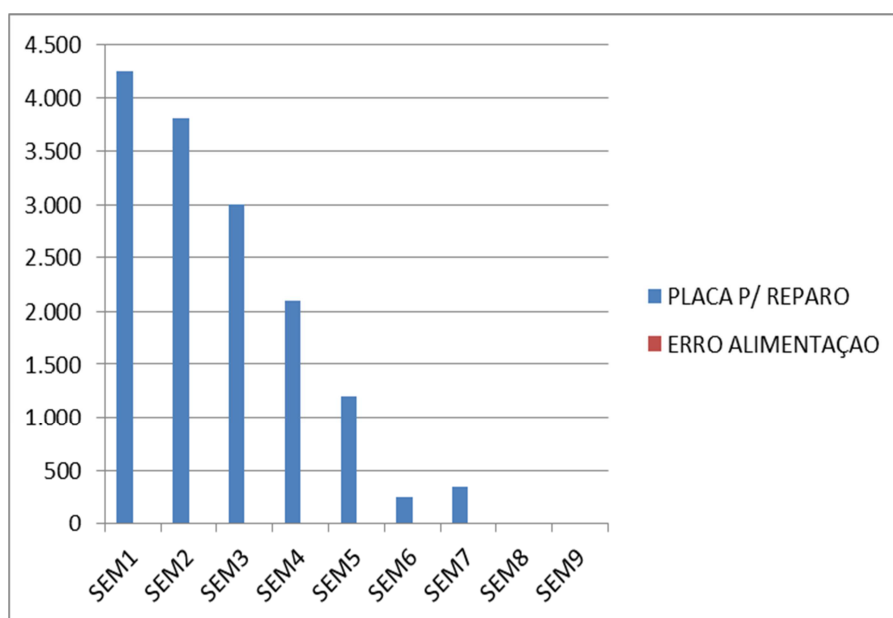


Figura 19 - Placas para reparo devido ao erro alimentação

- Tempo excessivo para a troca de modelos: o tempo médio para a realização da troca de modelos atingiu 16 horas o equivalente a dois turnos completos de produção. Duas ações foram, então, determinadas e efetivadas: a criação de uma equipe dedicada à realização de troca de modelos e o estabelecimento de um procedimento operacional padrão (POP) para disciplinar cada etapa que compõe o processo de troca de modelo. Após três meses o novo tempo médio para a troca de modelo é de duas horas (Figura 19).

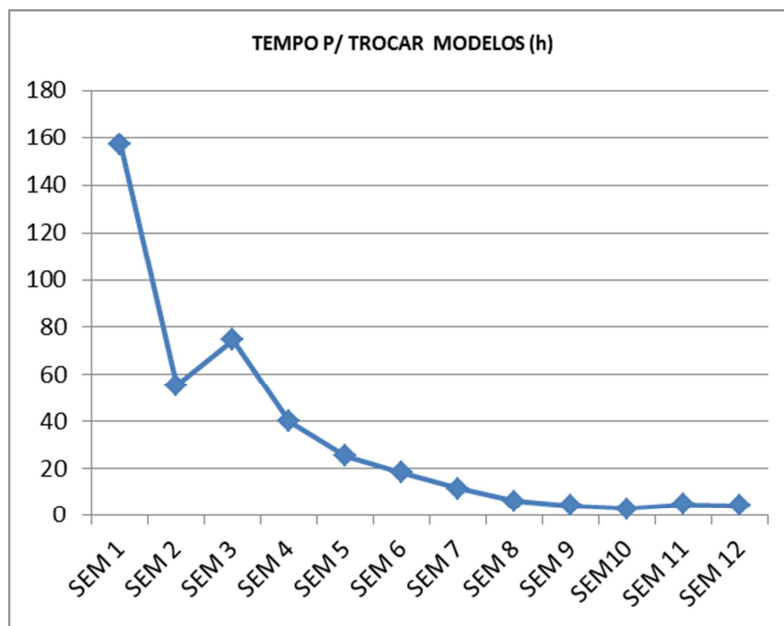


Figura 20 - Tempo para trocar modelo na produção

- Tempo elevado para lavar estêncil da impressora de pasta de solda: o tempo médio foi reduzido de duas horas para vinte minutos através da criação de um procedimento operacional padrão (POP) bem como um treinamento dos operadores. Conjunto de estêncil reserva foi também providenciado (Figura 21).

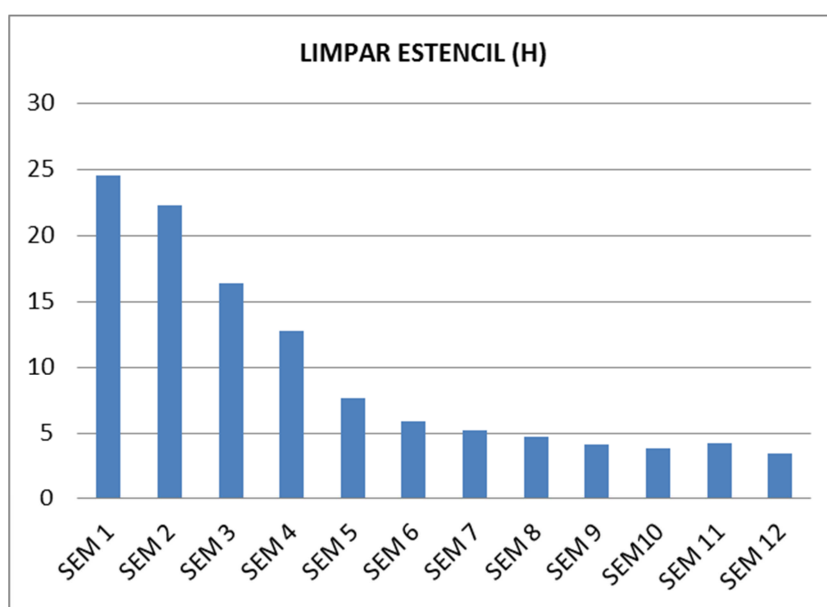


Figura 21 - Redução no tempo para limpeza estêncil

- Inexistência de plano de produção: o plano de produção é decidido e publicado após uma reunião específica entre o planejamento de produção, materiais, engenharia e produção. Antes o representante do planejamento realizava análises solitárias e não havia interação com outros departamentos envolvidos. Instituiu-se, por este motivo, uma reunião no início de cada semana entre um membro do planejamento com a produção a fim de discutir o resultado da semana anterior e o plano para as semanas seguintes. Além disso, a comparação entre a quantidade planejada contra a realizada é reportada semanalmente (Figura 21).

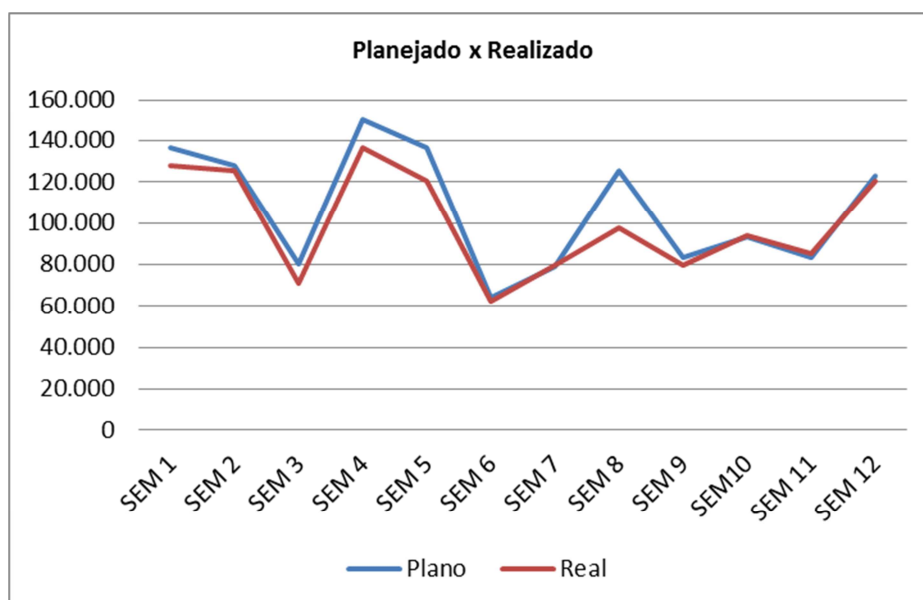


Figura 22 - Quantidade Planejada x Realizada

- Manutenção Corretiva: Intervenções feitas pelos agentes da manutenção nas máquinas das linhas de inserção eram frequentes e com alta duração em tempo. Isso se devia ao fato de que o cronograma de manutenção preventiva não era obedecido em função de um planejamento impreciso. Além disso, a calibração de importantes peças era realizada de forma inadequada e sem ferramenta específica. Pode-se afirmar que a manutenção preventiva praticamente inexistia. Na mesma reunião onde se discute o plano de produção a ser publicado,

as atividades de manutenção preventiva são consideradas e contidas no referido plano.

As ações planejadas foram introduzidas ao longo do processo de inserção automática de componentes e com pleno êxito. A ocupação média da linha de produção passou de 55% para 75% e o OEE de 45% para 60%. Resultados muito bons para pouco mais de três meses de atividade concentrada.

Baseados nos resultados acima obtidos o time gerencial reavaliou a necessidade do funcionamento das nove linhas de produção em três turnos percebeu que os ganhos de produtividade permitiram o acionamento das nove linhas em apenas dois turnos de produção. Tal decisão possibilitou o uso mais eficaz dos recursos disponíveis acarretando uma economia direta na ordem de R\$1.500.000,00 em doze meses.

7.4 FORNECER INFORMAÇÕES ESTRUTURADAS SOBRE PRODUTIVIDADE

Segundo algumas considerações de Davenport e Prusak (1998, p.1-2, grifo do original) sobre dado, informação e conhecimento: A confusão entre dado, informação e conhecimento – em que diferem e o que significam – gera enormes dispêndios com iniciativas de tecnologia que raramente produzem resultados satisfatórios. [...] Por mais primário que possa soar, é importante frisar que dado, informação e conhecimento não são sinônimos. O sucesso ou fracasso organizacional pode depender de se saber qual deles precisamos, com qual deles contamos e o que podemos ou não fazer com cada um deles. Entender o que são esses três elementos e como passar de um para o outro é essencial para a realização bem-sucedida do trabalho ligado ao conhecimento.

A informação se relaciona à interação entre emissor e receptor. Porém, embora a conversão de dados em informação se dê quando o criador da informação dá um significado a eles, é o receptor (e não o emissor) que determina se a mensagem recebida configura-se ou não como informação. Como ilustram Davenport e Prusak (1998, p. 4).

Um memorando repleto de divagações pode ser considerado 'informação' por seu redator, porém tido como puro ruído pelo receptor. A única mensagem que ele pode comunicar com sucesso é uma mensagem involuntária sobre a qualidade da inteligência ou do discernimento do emitente.

A informação proporciona um novo ponto de vista para a interpretação de eventos ou objetos, o que torna visíveis significados antes invisíveis ou lança luz sobre conexões antes inesperadas. Por isso, a informação é um meio ou material necessário para extrair e construir o conhecimento.

Medir significa Sabe-se que, aquilo que não se mede não se gerencia. E segundo Hubbard (2010), medir significa uma redução quantitativa expressa da incerteza com base em uma ou mais observações. Ou seja, por meio da medição deve-se buscar a redução da incerteza ao invés da exatidão plena. Se uma decisão tem alto grau de incerteza e tem significativa consequência se for tomada erroneamente, então métricas que reduzam a incerteza tem alto valor. Ninguém deve se importar em medir algo insignificante ou que não esteja associada a uma tomada de decisão.

Uma objeção comum à adoção de métricas é que o processo nunca tinha sido mensurado antes e não há método algum que revelasse seu valor: exato caso a qual se refere este estudo. Neste sentido, utilizou-se o conceito e aplicação de indicadores de desempenho sistêmicos para combater resistência eficazmente. Por meio desta prática evita-se coletar e relatar dados desnecessários bem como gestores se aprofundem para analisá-los.

7.5 INFLUENCIAR O COMPORTAMENTO ATRAVÉS DE AÇÃO GERENCIAL

A responsabilidade primária para aumentar a produtividade recai, certamente, sobre o nível gerencial. Afinal de contas, são os gestores que definem metas, objetivos e expectativas, além de serem formadores da cultura organizacional. O time gerencial, em nível organizacional, controla: processos, estrutura funcional, valores, visão, reconhecimento, políticas internas, direções, materiais e recursos humanos. Se os gestores não "comprarem" a ideia ou se eles não perceberem os reais benefícios da melhoria da produtividade, o resultado será repleto de frustrações e altos desperdícios de tempo e dinheiro.

Assuntos realmente relevantes para uma empresa devem ser traduzidos

em indicadores (métricas) por meio dos quais a organização mede seu desempenho. Sabe-se que empresas que depositam grande ênfase em indicadores de desempenho produtivo, semelhantemente aos desempenhos financeiro e econômico, são também empresas com grandes retornos sobre os investimentos graças aos esforços realizados para ganhos de produtividade.

Neste sentido, então, e em busca da melhoria contínua da produtividade, um grupo de quatro indicadores de desempenho foi estabelecido para ser reportado pelos gestores periodicamente ao diretor da unidade fabril a partir dos resultados obtidos ao longo das seis semanas que compreendia do período de validação das informações:

- **Utilização:** calculada pelo quociente entre o tempo programado pelo tempo operacional (horário em que a produção está trabalhando);
- **Disponibilidade:** obtida pela divisão do tempo produzindo pelo tempo programado;
- **Desempenho:** expresso pela razão entre a quantidade real produzida e a quantidade teórica;
- **OEE:** definido pela multiplicação entre a disponibilidade das máquinas e o desempenho das mesmas (Figura 23123).

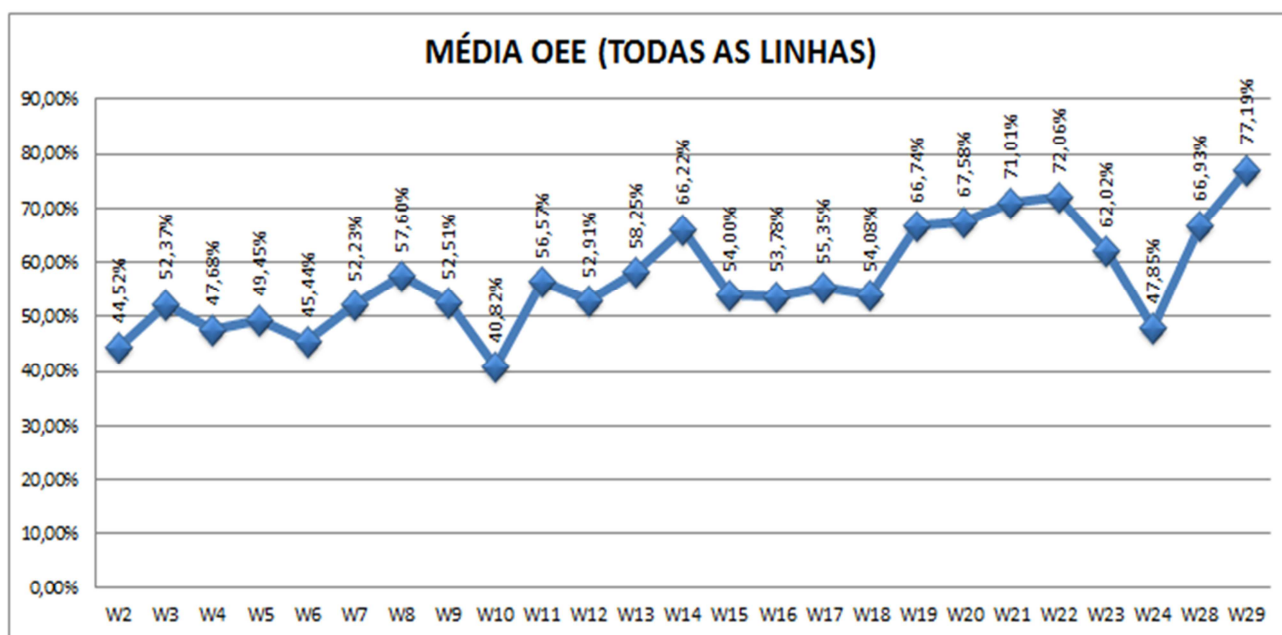


Figura 23 - OEE ao longo das semanas

8 CONCLUSÃO

Inicialmente pode-se constatar que os modelos tradicionais de gestão não se aplicavam mais na realidade atual do ambiente da nossa organização de manufatura, que passou a exigir um controle mais rigoroso da sua operação, para que assegurasse o mínimo de perdas e custos. Percebeu-se que era necessário quebrar paradigmas para obter uma melhor capacidade de adaptação à nova realidade competitiva do mercado, onde as margens de rentabilidade passaram a ser muito pequenas e que precisavam ser realizadas basicamente com a eficiência da operação de manufatura.

Como diz o Prof. Manuel Cardoso: "...a nova realidade da competitividade global fez com que a gestão da manufatura saísse da linearidade e determinismo da mecânica clássica de Isaac Newton, onde havia um comportamento de mercado protegido estável e com margens de rentabilidades generosas em que as perdas produtivas eram facilmente absorvidas, para a incerteza e indeterminismo da mecânica quântica de Werner Heisenberg, onde toda e qualquer eliminação de perda produtiva passou a ser significativa para se assegurar a realização das pequenas margens de rentabilidade, em um mercado globalizado com constante mudanças."

Ficou evidente que a necessidade de ampliar a percepção sobre o comportamento do ambiente produtivo, para que fosse estabelecida uma estratégia de sistematização de eliminação de perdas e melhorias de desempenho produtivo, com maior flexibilidade de adaptação às mudanças que se faziam cada vez mais frequentes. A implantação de novos modelos de gestão de manufatura enxuta se fazia necessária, mas não suficiente para a manutenção dos resultados desejados que dependia fundamentalmente do comportamento dos agentes, ou colaboradores, que atuam diretamente e indiretamente no processo produtivo.

Decidiu-se, então, adotar uma abordagem de gestão baseada na integração de vários conhecimentos que nos auxiliasse a convergir para a realização dos nossos objetivos. Inicialmente para melhor compreender o comportamento da organização, buscou-se assimilar os conhecimentos da Teoria da Complexidade e do Caos, onde encontramos nos conceitos dos Sistemas Complexos Adaptativos, SCA, uma melhor compreensão do contexto de nossa organização.

Em seguida, resolveu-se que, para melhorar a identidade da organização que permitisse ampliar a capacidade evolutiva de desempenho e adaptação às mudanças que ocorrem, seria necessária a aplicação sistêmica da Gestão do Conhecimento com auxílio da tecnologia da informação com um sistema de MES.

A tática de Gestão do Conhecimento adotada foi baseada na espiral do conhecimento que sistematiza a troca constante de conhecimentos tácitos em explícitos e ajuda a convergir os interesses individuais dos agentes produtivos, em relação aos objetivos da organização, de forma clara e transparente com o auxílio do sistema MES. Iniciou-se sua aplicação na Inserção Automática de Componentes (IAC) por fatores estratégicos de capacidade e custo de produção, e se pode constatar que as principais dificuldades iniciais ocorreram na mudança do modelo mental dos gestores e operadores, que diante das constatações das medições de desempenho feitas pelo MES, as mesmas se mostraram muito aquém da que acreditavam ter.

Com essa inércia inicial para a aceitação do novo modelo de gestão, procurou-se apoiar as iniciativas dos gestores que se mostraram mais receptivos para as mudanças, bem como, propiciar um treinamento assistido das ferramentas da manufatura enxuta para o setor operacional da produção.

Com isso pode-se realizar melhorias de desempenho que o MES havia lhes evidenciado, e seus resultados se tornarem transparentes para fortalecer sua aceitação e atrair os que ainda estivessem em dúvida. Observou-se através do histórico evolutivo, no tempo, do gráfico de produtividade OEE, que nesse início houve saltos de ganhos de produtividade, mas que em seguida, se estabilizavam abaixo do pico desses ganhos e acima da média do desempenho anterior. Essa é uma evidência da necessidade natural de maturação da internalização cultural dos novos conhecimentos, e sua socialização em toda organização para o fortalecimento de sua identidade.

Com o evidenciamento dos avanços e resultados obtidos, se foram vencendo as resistências dos que ainda se mostravam refratários a essa nova abordagem de gestão, mas para cada avanço do crescimento de desempenho produtivo, se observou a necessidade de um tempo de internalização e maturação dessas evoluções. Com o passar do tempo, praticamente duplicou-se a capacidade produtiva e promoveu-se uma mudança na forma como se passou a perceber e atuar no nosso ambiente produtivo, a partir da extração de novos conhecimentos

tácitos que foram sendo consolidados em conhecimentos explícitos pela padronização das ações práticas que mostraram maior eficiência e eficácia de resultados.

Atualmente, há como principal desafio, para se alcançarem maiores desempenhos produtivos, a necessidade de melhorias na colaboração interativa das áreas de atuação do processo de manufatura. No início desse trabalho houve uma melhoria significativa entre as áreas de produção, engenharia e manutenção, e agora nota-se a necessidade de melhorar as interações entre o planejamento e as demais áreas citadas. Porém, há de se reconhecer que para o avanço de melhoria do desempenho produtivo, além do que já se alcançou, irá exigir um maior investimento na formação da competência intelectual dos nossos agentes de gestão, dessas áreas de produção, para que possam interagir com os problemas cada vez mais complicados e complexos com que irão se deparar. Essa constatação levou a necessidade de formular novos treinamentos pragmáticos para os nossos gestores, que estamos detalhando minuciosamente com a instituição de ensino com quem formamos uma parceria.

Assim sendo, pode-se concluir que na nova realidade de competitividade na organização está inserida, se torna fundamental, para sua sobrevivência e crescimento, que a mesma tenha seu comportamento definido na zona da complexidade, em que as mudanças passam a ser observadas como oportunidades, e não como ameaças, para que sejam sempre criativos e flexíveis num processo de adaptação evolutiva constante. Nesse sentido, a qualificação da competência intelectual e de liderança dos agentes colaboradores, em todos os níveis, passa a ter um papel fundamental para o fortalecimento da identidade da organização, e com isso, tornando-a cada vez mais independente e capaz de se auto-organizar.

Por último, vale ressaltar a importância do uso de tecnologias como a de MES na tática de instrumentação sistêmica da interação dos agentes produtivos com seus ambientes laborais, e na gestão de conhecimentos que propiciam obter um atrator de melhorias constantes dos indicadores de desempenho produtivo.

8.1 OPORTUNIDADES PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir são apresentadas as recomendações, para futuros trabalhos relacionadas ao tema, identificadas durante a realização deste trabalho:

- Ampliar a utilização do MES para outras máquinas que compõem a linha de inserção automática bem como para demais etapas do processo de fabricação: inserção manual e montagem final.
- Associar as informações fornecidas pelo MES ao sistema de custo de manufatura. O MES é capaz de informar, em tempo real, por exemplo, quantos e quais componentes são rejeitados durante a operação de montagem automática. Caso seja cadastrado sistemicamente no MES o custo de uma hora na área de Inserção Automática e o preço de aquisição dos componentes é possível, então, computar o custo da não qualidade. Ou seja, é a tradução do índice de defeito em unidade monetária.
- Potencializar o MES com as ferramentas estatísticas do Seis Sigma e a filosofia da Manufatura Enxuta. Esta integração tende a trazer bons resultados à empresa usufruindo-se seus pontos fortes. A manufatura enxuta não conta com um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, aspecto que pode ser complementado pelo Seis Sigma. Por outro lado, o Seis Sigma não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do tempo de atravessamento, aspectos que constituem o núcleo da Manufatura Enxuta.
- Desenvolver competências específicas para os líderes da empresa. Os ganhos de eficiência evidenciados na Figura 23 precisam ser mantidos, primeiramente, e melhorados em seguida. Porém, as competências existentes na liderança gerencial provavelmente não serão suficientes para tal salto em produtividade, pois será demandado dos gestores um melhor desempenho nas suas atividades. A competência é um conceito útil na medida em que pode explicar porque algumas pessoas apresentam desempenho melhor do que outras e ajudar pessoas a melhorar seu rendimento bem como a tomar decisões que vão ajudá-las a atingir seus objetivos. Quando usado efetivamente, o paradigma da competência é uma

referência para gerentes que buscam melhorar sua organização. O modelo de gestão por competência envolve o mapeamento das competências necessárias à organização e o levantamento das já existentes. As lacunas serão supridas por um programa de desenvolvimento de competências por meio de ações de capacitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, M. **Complexidade e Organizações**. São Paulo: Atlas, 2003.
- AGOSTINHO, M. **Administração Complexa: revendo as bases científicas da administração**. São Paulo RAE eletrônica, vol. 2, n. 1. Fundação Getúlio Vargas – FGV, 2003. Disponível em: <<http://www.rae.com.br/eletronica>>.
- ALMEIDA, D.; LEAL, F.; PINHO, A.; FAGUNDES, L. **Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação**. Produção, v.16, n. 1, p. 171-188, 2006.
- ALMEIDA, M.; FREITAS, C.; SOUZA, I. **Gestão do Conhecimento para tomada de Decisão**. São Paulo: Atlas, 2011.
- American National Standard ANSI/ISA–S88.01–1995, **Batch Control Part 1: Models and Terminology**, North Carolina: Instrument Society of America, 1995.
- AMORIM, M. **Redução de desperdícios em uma cozinha industrial por meio das ferramentas da engenharia de produção**. Manaus, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), 2012.
- ANDERSON, V.; JOHNSON, L. **Systems thinking basics: from concepts to causal loops**. Cambridge: Pegasus Communications, Inc.; 1997.
- BACON, B.; O'DONNELL, K. **No olho do furacão**. Salvador, BA: Casa de Qualidade, 1999.
- BERNARDI, Maria A. **A melhor empresa: como as empresas de sucesso atraem e mantêm os que fazem a diferença**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- BERTI, Rodrigo M. **Implantação de um MES (Sistema de Execução de Manufatura) em um ambiente de manufatura enxuta – um estudo de caso em uma linha de montagem de produtos da linha branca**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2010
- BLANC, P.; DEMONGODIN, I.; CASTAGNA, P. **A holonic approach for manufacturing execution system design: An industrial application**, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2008
- BYOUNG, K. MES (Manufacturing Execution System) **architecture for FMS compatible to ERP (enterprise planning system)**, Int. J. Computer Integrated Manufacturing, 2002, VOL. 15, NO. 3, 274–284
- CÂNDIDO, Gesinaldo A.; ARAÚJO, Nadja M. **As tecnologias de informação como instrumento de viabilização da gestão do conhecimento através da montagem de mapas cognitivos**. Ci, Inf., Brasília, v. 32, n. 3, p. 38-45, 2003. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2003.

CANTO-SPERBER, M. **Dicionário de Ética e Filosofia Moral**. São Leopoldo, Unisinos, 2003.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1982.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix – Amana – Key, 1998.

CARDOSO, Idelcio Palheta; SOUZA, Gilberto Francisco; TOMYAMA, Domingos. **Elaboração de estratégias de manutenção para linha de produção operando novos conceitos em SMD**. Cusco, 8º Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, 2007. (A)

CARVALHO, Silmara Cardoso. **Índice da competitividade logística do PIM – modal aéreo**. Manaus, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, 2013.

CHIAVENATO Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

COTTYN, J.; LANDEGHEM, H.; STOCKMAN, K., DERAMMELAERE, S. **The Combined Adoption of Production IT and Strategic Initiatives – Initial Considerations for a Lean MES Analysis**, IEEE, 2009.

CRUZ, C.; NAGANO, M. **Gestão do conhecimento e sistemas de informação: uma análise sob a ótica da teoria de criação do conhecimento**. Revista Perspectivas em Ciência da Informação, v.13, n.2, p.88-106, 2008.

CUNHA, M. Prevendo o imprevisível: o papel das estruturas mínimas na gestão dos futuros organizacionais. In:_____ **Empresas, caos e complexidade**. Lisboa: RH, 2001. Cap. VII.

CUNHA, M. et al Da ordem ao caos. In: **Empresas, caos e complexidade**. Lisboa: RH, 2001. Cap. I e IV.

DAFT, R.; LENGEL, R. O desafio do caos. In: CUNHA, Miguel P. et al (Orgs). **Empresas, caos e complexidade**. Lisboa: RH, 2001, Cap. III.

DAVENPORT, H.; PRUSAK, L. **Conhecimento Empresarial: como as organizações gerenciam seu capital intelectual**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1998.

DAVENPORT, Thomas H. **Missão Crítica**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DAWKINS, R. **A Grande História da Evolução**. São Paulo: Cia das Letras, 2009.

FAYARD, Pierre. **O Inovador Modelo Japonês de Gestão do Conhecimento**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

FABBRI, Bruno Pinto F. **Lean Healthcare: um levantamento de oportunidades de ganho em um hospital brasileiro**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2011.

FLEURY, Maria Tereza L.; OLIVEIRA, Moacir de Miranda. **Gestão Estratégica do Conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2012.

FRANSOO, J. C.; RUTTEN, W. ***A Typology of Production Control Situations in Process Industries***. International Journal of Operations & Production Management, v. 14, n. 12, p. 47-57, 1993.

FREYER, Peter. ***Uma breve descrição dos Sistemas Complexos Adaptativos e Teoria da Complexidade***. Disponível em: <<http://www.trojanmice.com/articles/complexadaptivesystems.htm>>. Acesso em 23 nov. 2013.

GELL-MANN, M. ***The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex***. New York: W. H. Freeman and Company, 1994.

GLEISER, M. ***A tear at the edge of creation: a radical new vision for life in an imperfect universe***. New York: The Free Press, 2010.

HOLLAND, J. ***Signals and Boundaries: building blocks for complex adaptive systems***. Cambridge: MIT Press, 2012.

HUBBARD, D. ***How to measure anything: finding the value of intangibles in businesses***. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

KLETTI, J. ***Manufacturing Execution Systems – MES***. Berlin: Springer, 2007

MACCLELLAN, M. ***Applying Manufacturing Execution System***. Boca Raton, St. Lucy Press, 1997.

MORIN, E. ***Complexidade e Transdisciplinaridade: a reforma da universidade e do ensino fundamental***. Natal: EDUFRRN, 1999.

PEREIRA, J. ***Manual de Metodologia da Pesquisa Científica***. São Paulo: Atlas, 2012.

MESA International. ***The Benefits of MES — A Report from the Field***. Manufacturing Enterprise Systems Association, Chandler, Arizona. , 1997.

MEYER, H.; FUCHS, F.; THIEL, K. ***Manufacturing Execution Systems, Optimal Design, Planning and Deployment***. New York: McGrawHill, 2009

MITCHELL, M. ***Complexity: A Guided Tour***. New York: Oxford University Press, 2009.

NICOLIS, G; PRIGOGINE, I. ***Exploring Complexity***. New York: W. H. Freeman and Company, 1989.

NONAKA, I; TAKEUCHI, H. ***Criação de Conhecimento na Empresa***. Rio de Janeiro: Elsevier, 1997.

OEE. <http://www.oee.com.br/oee>. Acesso em julho, 2014.

- PARKER, D; STACEY, R. **Caos, Administração e Economia: as implicações do pensamento não linear**. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1995.
- PASCALE, R.; MILLEMANN, M.; GIOJA, L. **Surfing the edge of chaos: the laws of nature and the new laws of business**. New York: Three River Press, 2000.
- POLANYI, M. **The Tacit Dimension**. Chicago: The University of Chicago Press, 2009.
- QUEL, L. **Gestão de Conhecimentos e os Desafios da Complexidade nas Organizações**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.
- SHINGO, S. **Kaizen e a arte do pensamento criativo**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SIMON, A. **Administrative Behavior: a study of decision-making processes in administrative organization**. New York: The Free Press, 1997.
- SULL, D; ESCOBARI, M. **Sucesso made in Brasil: os segredos das empresas brasileiras que dão certo**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- WILSON, L. **How to Implement Lean Manufacturing**. Chicago: McGraw-Hill, 2010.
- WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o desperdício e crie Riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- YIN, R. **Estudo de Casos – Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.