USP

Campus de São Carlos

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA UTILIZANDO OS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Cesar Augusto Campos de Araujo

Orientador: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA UTILIZADO OS PROCESSOS DE RACIOCÍNIO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

CESAR AUGUSTO CAMPOS DE ARAUJO

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

São Carlos
2004

Class. TESE
Cutt. 0377
Tombo T282/04
Sysno 1411182

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

A663d

Araujo, Cesar Augusto Campos de
Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizando os processos de raciocínio da teoria das restrições e o mapeamento do fluxo de valor / Cesar Augusto Campos de Araujo. -- São Carlos, 2004.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.
Área: Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Assoc. Antonio Freitas Rentes.

1. Teoria das restrições. 2. Processos de raciocínio. 3. Produção enxuta. 4. Gerenciamento da mudança e melhoria organizacional. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **CESAR AUGUSTO CAMPOS DE ARAUJO**

Dissertação defendida e julgada em 12-11-2004 perante a Comissão Julgadora:

Aprovado

Prof. Associado **ANTONIO FREITAS RENTES (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Associado **LUIZ CESAR RIBEIRO CARPINETTI**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado

Prof. Dr. **THOMAS CORBETT NETO**
(Faculdades IBMEC / São Paulo)

Prof. Doutor **FÁBIO MÜLLER GUERRINI**
Vice-Coordenador em exercício do Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Profa. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

À minha família, base sólida de formação pessoal, profissional e, principalmente, de amor.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Rentes, pela sua amizade e orientação. Juntos percorremos caminhos e abrimos fronteiras nunca antes por mim imaginadas.

Aos meus pais, Jairo e Samira, pelo seu direcionamento de vida e suporte moral, cujo apoio inabalável e constante tem sido fundamental em todos os momentos de minha vida.

Ao meu irmão, João Paulo, pelos momentos de alegria e felicidade que passamos.

À Lucimara, minha noiva, e toda sua família, sempre me incentivando a enfrentar desafios, transmitindo-me confiança e amor.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Produção da EESC, pelo seu apoio e contribuições, em especial aos Professores Associados Luiz César Ribeiro Carpinetti e Reginaldo Teixeira Coelho pelas contribuições no exame de qualificação, indispensáveis à realização deste trabalho.

Aos meus alunos, com os quais pude compartilhar momentos de troca de experiência técnica, acadêmica, amizade e admiração.

Aos amigos do Grupo GMO (Gerenciamento da Mudança e Melhoria Organizacional).

Aos amigos e colegas da HOMINISS, pelo seu suporte em meus momentos de ausência, e com os quais tenho aprendido a superar desafios criando oportunidades.

A Deus, pela benção a mim concedida de poder conviver com pessoas maravilhosas, e trilhar caminhos sempre por ele iluminados.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, seja em seu caráter acadêmico e outras atividades também gratificantes.

SUMÁRIO

SUMÁRIO I

LISTA DE FIGURAS IV

LISTA DE TABELAS VII

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS VIII

RESUMO X

ABSTRACT XI

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO 1

1.1. Introdução 1

1.2. Apresentação do problema 2

1.3. Objetivo 5

1.4. Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho 5

1.5. Organização do texto 8

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10

2.1. A Teoria das Restrições e o método dos Processos de Raciocínio 11

2.1.1 Árvore da Realidade Atual (ARA) 15

2.1.2 Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e Árvore da Realidade Futura (ARF) 20

2.1.3 Árvore de Pré-Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT) 22

2.1.4 Visão Integrada das Ferramentas do Processo de Raciocínio 25

2.2. Produção Enxuta (*Lean Production*) 28

2.2.1 Histórico 28

2.2.2 Princípios da Produção Enxuta 30

2.2.3 Categorias de Desperdício 32

2.3. Técnicas, conceitos e ferramentas aplicados aos sistemas de Produção Enxuta 36

2.4. Mapeamento do Fluxo de Valor 54

2.4.1 Estado Atual e Situação Futura 58

2.4.2 Implementação com base no Mapa do Fluxo de Valor 61

2.5. Comentários e Conclusões sobre a Revisão Bibliográfica 66

3. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO 68

3.1. Identificação e Diagnóstico da Situação Atual 69

3.1.1 Diretrizes para a construção da Árvore da Realidade Atual (ARA) 70

3.1.2 Diretrizes para o Mapeamento da Situação Atual (MFVa) 73

3.1.3 Conclusões da Situação Atual (ARA e MFVa) 75

3.2. Desenvolvimento da Situação Futura 77

3.2.1 Diretrizes para a construção da Árvore da Realidade Futura (ARF) 78

3.2.2 Diretrizes para a construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf) 81

3.2.3 Conclusões sobre o desenvolvimento da Situação Futura 82

3.3. Inter-relacionamento Situação Atual e Situação Futura 84

3.4. Árvore de Implementação 87

3.4.1 Diretrizes para a construção da Árvore de Implementação 91

3.4.2 Objetivos e benefícios esperados 92

3.5. Visão Geral do Método 93

4. APLICAÇÃO PRÁTICA 95

4.1. Apresentação da Empresa e Relevância do Setor 95

4.2. Diagnóstico da Situação Atual 97

4.2.1 Construção e Análise da Árvore da Realidade Atual 97
4.2.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valor Atual 105
4.3. Desenvolvimento da Situação Futura 107
4.3.1 Construção e Análise da Árvore da Realidade Futura 108
4.3.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro 113
4.4. Árvore de Implementação 115
4.4.1 *Loops* de Implantação 128
4.5. Condução e Resultados das Atividades 129
4.5.1 Primeiro *Loop* 129
4.5.2 Segundo *Loop* 133
4.5.3 Terceiro *Loop* 134
4.5.4 Conclusões e resultados da aplicação prática 137
5. ANÁLISES E CONCLUSÕES FINAIS 139
5.1. Análise das atividades e resultados 139
5.2. Abrangência do método proposto 140
5.3. Desenvolvimentos futuros 141
6. BIBLIOGRAFIA 144
7. ANEXOS 150
7.1. Árvore da Realidade Atual 150
7.2. Árvore da Realidade Futura 155
7.3. Primeiro *Loop* de Implementação 160
7.4. Segundo *Loop* de Implementação 161
7.5. Terceiro *Loop* de Implementação 162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de desenvolvimento de protótipos (adaptado de RENTES, 1995).....6
Figura 2: Esquema de uma Árvore da Realidade Atual (RENTES, 2000).....16
Figura 3: Esquema de indicação de leitura de uma Árvore da Realidade Atual.....16
Figura 4: Área de Controle e Esfera de Influência (DETTMER, 1997).....17
Figura 5: O Diagrama de Dispersão de Nuvem (RENTES, 2000).....21
Figura 6: A Árvore da Realidade Futura (RENTES, 2000).....22
Figura 7: A Árvore de Pré-Requisitos (RENTES, 2000).....24
Figura 8: A Árvore de Transição (RENTES, 2000).....25
Figura 9: As cinco ferramentas lógicas com um Processo Integrado de Raciocínio (adaptado de DETTMER, 1997).....27
Figura 10: O enfoque tradicional nas tarefas e o enfoque da produção enxuta (HINES & TAYLOR, 2000).....33
Figura 11: Tipos de Movimentos de Trabalho (ROTHER & HARRIS, 2002).....34
Figura 12: Matriz de Família de Produtos (ROTHER & SHOOK, 1999).....37
Figura 13: Gerenciamento de Materiais ABC (FELD, 2000).....38
Figura 14: Processo (P) e Demanda (D) para os diferentes tipos de planejamento e controle (adaptado de SLACK et al, 1999).....39
Figura 15: Cinco S's (LÉXICO LEAN, 2003).....41
Figura 16: Forma de organização de máquinas em uma célula (LORINI, 1993).....45
Figura 17: Matriz de Capacitação.....48
Figura 18: Células de manufatura e trabalhadores multifuncionais.....49
Figura 19: Exemplos de *andon's* (LÉXICO LEAN, 2003).....52
Figura 20: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1999).....55
Figura 21: Alguns ícones definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor.....56
Figura 22: Linha do tempo (ROTHER & SHOOK, 1999).....57
Figura 23: Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1999).....57
Figura 24: Exemplo de mapa da situação futura (ROTHER & SHOOK, 1999).....61
Figura 25: Modelo genérico para alcance de uma empresa enxuta (SMEDS, 1994).63
Figura 26: *Loops* de um Fluxo de Valor.....65

Figura 27: Visão geral preliminar do método proposto 69
Figura 28: Papel das ferramentas de Diagnóstico da Situação Atual 70
Figura 29: Exemplo de um Mapa do Fluxo de Valor Atual (ROTHER & SHOOK, 1999) 75
Figura 30: Esquema de Diagnóstico da Situação Atual 76
Figura 31: Papel das ferramentas utilizadas no Desenvolvimento da Situação Futura 77
Figura 32: A Árvore da Realidade Futura e a Árvore da Realidade Atual (adaptado de DETTMER, 1997) 80
Figura 33: Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor Futuro (RENTES, 2000) 82
Figura 34: Esquema de Desenvolvimento da Situação Futura 84
Figura 35: Ferramentas para entendimento da Situação Atual 85
Figura 36: Ferramentas para desenvolvimento da Situação Futura 85
Figura 37: Relacionamento entre o Diagnóstico da Situação Atual e o Desenvolvimento da Situação Futura 87
Figura 38: APR e AT na condução da situação atual rumo à situação futura 88
Figura 39: Relacionamentos existentes entre ARA, ARF, APR e AT. 89
Figura 40: Esquema de uma Árvore de Implementação 90
Figura 41: Árvore de Implementação e Cronograma de Atividades 93
Figura 42: Visão Geral do Método Proposto 94
Figura 43: Exemplos de produtos da empresa 95
Figura 44: Visão isolada do ciclo vicioso presente na ARA 101
Figura 45: Visão Geral do Fluxo de Valor Atual 107
Figura 46: Visão isolada do ciclo virtuoso presente na ARF 111
Figura 47: Visão Geral do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf) 114
Figura 48: Árvore de Implementação da Padronização de Operações de Fabricação 117
Figura 49: Árvore de Implementação da Otimização do Arranjo Físico 118
Figura 50: Árvore de Implementação do Sistema Visual de Gerenciamento 120
Figura 51: Árvore de Implementação do Sistema de Medição de Desempenho 122
Figura 52: Árvore de Implementação Sistema de Programação Diária de Pedidos. 124
Figura 53: Árvore de Implementação do Plano de Capacitação 125

Figura 54: Árvore de Implementação da iniciativa de 5S..... 127
Figura 55: Excesso de movimentação e transporte decorrentes do Arranjo Funcional 130
Figura 56: Layout Misto com células para fabricação de componentes..... 131
Figura 57: Quadro de programação das células 132
Figura 58: Quadro de programação das máquinas para itens customizados 132
Figura 59: Exemplo de matriz de capacitação de operadores..... 133
Figura 60: Esquema simplificado do sistema de programação..... 134
Figura 61: Exemplo da organização feita, com suas áreas e materiais definidos. ... 136
Figura 62: Exemplo de estante para organização de peças..... 136
Figura 63: Antes e depois da organização de ferramentas de montagem..... 137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cinco ferramentas e as três perguntas 15
Tabela 2: Algumas Categorias de Reservas Legítimas (RENTES, 2000) 18
Tabela 3: Processo para o desenvolvimento da ARA (RENTES, 2000) 19
Tabela 4: Vantagens e Limitações do layout em linha (TOMPKINS, 1996) 43
Tabela 5: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico (SLACK et al, 1999) 47
Tabela 6: Algumas aspectos de funções internas 71
Tabela 7: Alguns aspectos de ameaças e oportunidades externas 72
Tabela 8: Faturamento da Indústria Moveleira Nacional – Fonte: GORINI (1998) .. 96
Tabela 9: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Produto 98
Tabela 10: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Processo 98
Tabela 11: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Vendas 99
Tabela 12: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Conjuntura Econômica 99
Tabela 13: Efeitos Indesejáveis pertencentes ao Universo de Controle do Projeto . 103
Tabela 14: Efeitos Indesejáveis pertencentes à Esfera de Influência dos membros do projeto 104
Tabela 15: Efeitos Indesejáveis pertencentes ao Ambiente Incontrolável 105
Tabela 16: Famílias comerciais e percentagem relativa de vendas 106
Tabela 17: EI's iniciais e seus correspondentes ED's (Efeitos Desejáveis) 108
Tabela 18: Obstáculos e Ações para a Injeção de Padronização das Operações 116
Tabela 19: Obstáculos e Ações para a Injeção de Otimização do Arranjo Físico 117
Tabela 20: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema Visual de Gerenciamento. 119
Tabela 21: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema de Medição de Desempenho (SMD) 121
Tabela 22: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema de Programação Diária de Pedidos 123
Tabela 23: Obstáculos e Ações para a Injeção: Plano de Capacitação 124
Tabela 24: Obstáculos e Ações para a Injeção: 5S 126
Tabela 25: Componentes das famílias 130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI – Árvore de Implementação

APR – Árvore de Pré-Requisitos

ARA - Árvore da Realidade Atual

ARF – Árvore da Realidade Futura

AT – Árvore de Transição

ATO – *Assembly-To-Order*

AV – Atividades que agregam valor

CONWIP – *CONstant Work In Process*

DDN – Diagrama de Dispersão de Nuvem

DORT – Doenças Ocupacionais Relacionadas ao Trabalho

ED – Efeito Desejável

EI – Efeito Indesejável

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just in Time*

LER – Lesões por Esforços Repetitivos

LEP – Lote Econômico de Produção

LT – *Lead Time*

MFV – Mapa do Fluxo de Valor

MFVa – Mapa do Fluxo de Valor Atual

MFVf – Mapa do Fluxo de Valor Futuro

MIT – *Massachusets Institute of Technology*

MTO – *Make-To-Order*

MTS – *Make-To-Stock*

MPS – *Master Production Planning*

NAV – Atividades que não agregam valor

OI – Objetivo Intermediário

P/D – Processo / Demanda

PR – Processos de Raciocínio

RTO - *Resource-To-Order*

SMD – Sistema de Medição de Desempenho

T/C – Tempo de Ciclo

TOC – *Theory Of Constraints*

TPT – Toda Parte Todo x

T/R – Tempo de Troca

RESUMO

ARAUJO, C. A. C. (2004). *Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizando os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor*. São Carlos, 2004. 176p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Muitos avanços e progressos na dinâmica dos sistemas de produção têm sido conseguidos por meio da aplicação de diversas técnicas e ferramentas de Produção Enxuta, Teoria das Restrições e sistemas híbridos. No entanto, é importante salientar que estas técnicas e ferramentas não devem ser usadas unicamente para solução de problemas operacionais de curto prazo, mas sim como um avanço no sentido de obter-se maior competitividade a ser apreciada, também no longo prazo.

Apesar dos resultados positivos alcançados, muitas iniciativas de melhoria acabam por esbarrar no descompasso entre as expectativas dos agentes de mudança e os ganhos reais obtidos no horizonte de planejado desejado.

Neste sentido, este trabalho propõe-se a desenvolver um método de implementação, pautado nos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições, procurando estabelecer uma base lógica de relacionamento entre as ações de melhoria a serem promovidas, seus efeitos esperados e os potenciais obstáculos à sua efetiva aplicação. Com isso, são estudadas com maior profundidade as ferramentas que compõem o Processo de Raciocínio e algumas ferramentas de melhoria de processos produtivos. Em seguida, o método é validado empiricamente por meio de uma aplicação em uma empresa do setor moveleiro.

Palavras-chave: teoria das restrições; processos de raciocínio; produção enxuta; gerenciamento da mudança e melhoria organizacional.

ABSTRACT

ARAUJO, C. A. C. (2004). D*evelopment and Application of a Method for Lean Production Systems Implantation using the Thinking Processes of the Theory of Constraints and the Value Stream Mapping.* São Carlos, 2004. 176p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Many progresses have been made on the dynamic of production systems by the application of several techniques and tools of Lean Production, Theory of Constraints and hybrid systems. However, it is important to point out that this techniques and tools should not only be used for short term problem solution, but a progress in the sense of obtaining larger competitiveness to be appreciated, also on the long term.

In spite of the positive results reached, a lot of improvement initiatives face the gap between the change agent's expectations and the real gains obtained along the horizon of time.

In this sense, this work intends to develop an implantation method, guided by the Theory of Constraints' Thinking Process tools, trying to establish a logical base of relationship among the improvement actions to be promoted, its expected effects and the potential obstacles to its effective application.

So, a large depth studied is promoted on the tools that compose the Thinking Processes and some improvement tools used on production systems, such as Lean Production tools. Soon after, the method proposed is validated by its application on a furniture industry.

Keywords: theory of constraints; thinking process; lean production; change and improvement management.

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1. Introdução

O mercado consumidor, outrora submisso às vontades de empresas produtoras, cada vez mais exige bens e serviços confiáveis tanto do ponto de vista de alto padrão de qualidade quanto prazos de entrega. Além disso, empresas que embasaram seus princípios em conceitos como o da Divisão do Trabalho (proposto por Adam Smith em *A Riqueza das Nações*), e da Administração Científica (desenvolvida por Frederick Taylor e Henry Ford), deparam-se com a necessidade de clientes expressa por prazos de entrega rápidos e custos limitados aliados a um grau cada vez crescente de personalização destes produtos e serviços.

Nos dias de hoje, mais do que nunca, mudanças são inevitáveis para satisfazerem-se expectativas. Consumidores esperam uma qualidade maior dos produtos e serviços em relação ao preço que estão dispostos a pagar por eles BURTON-HOULE (2001).

Este contexto de dominação da demanda sobre a oferta é impulsionado pela inserção de tecnologias inovadoras e a queda de fronteiras nacionais proporcionando o aumento das opções de compra existentes.

MASING (2002) afirma que vários países estão enfrentando grandes problemas com relação às expectativas crescentes dos clientes, devendo proporcionar qualidade em um ambiente em que as fórmulas da produção em massa não mais se aplicam.

Devido à crescente competição e aceleração do passo tecnológico e mudanças organizacionais, o conceito de gerenciamento está mudando. A atenção gerencial muda o seu foco da manutenção do estado corrente das operações para um

gerenciamento de inovações, na busca por implementações de projetos bem sucedidos em um menor espaço de tempo (SMEDS, 1994).

Recursos e esforços consideráveis têm sido investidos pelas organizações no intuito de promover a melhoria contínua de seus processos de manufatura, objetivando o alcance de vantagem competitiva frente ao mercado.

As aplicações de Produção Enxuta (*Lean Production*), que englobam uma série de práticas, técnicas e ferramentas no sentido da eliminação de desperdícios no sistema produtivo, têm proporcionado maior flexibilidade e qualidade em indústrias de diversos setores. No Brasil, empresas como a Ford, a General Motors, a Visteon, a EATON, a DELPHI, entre outras têm se beneficiado da aplicação destes conceitos (LEAN SUMMIT, 1999).

Entre as principais técnicas utilizadas nestas aplicações, podemos citar: uso de células de manufatura, adoção do fluxo contínuo de peças, sempre que possível, a utilização e desenvolvimento de mecanismos de prevenção de falhas, a qualidade total, entre outras.

1.2. Apresentação do problema

Segundo SLACK (2002) "A maior parte do tempo da manufatura é despendido na luta contra o fogo dos muitos problemas inesperados que estão sempre ameaçando e debilitando as metas de desempenho".

De acordo com SMEDS (1994), o ambiente econômico das empresas de manufatura tem mudado drasticamente, com baixos custos e alta qualidade passando a serem fatores básicos de qualificação. Com isso, a redução do fator tempo (para desenvolvimento de produtos, *lead time* de produção) tem se mostrado um fator crítico de competitividade.

SLACK (2002) afirma que o desempenho superior das funções de manufatura em relação aos concorrentes pode diretamente resultar no sucesso competitivo da empresa. Segundo CORRÊA & GIANESI (1996), no mundo Ocidental, tem-se verificado um movimento crescente de reconhecimento do papel estratégico da manufatura na otimização do processo produtivo e redução de seus custos.

Conforme mencionado anteriormente, empresas de diversos setores têm alcançado benefícios significativos com a adoção dos conceitos de Produção Enxuta. No entanto, WOMACK & JONES (1996), afirmam que muitos gerentes têm se complicado nas técnicas ao tentar implementar partes isoladas de um sistema enxuto sem entender o todo.

FELD (2000) aponta algumas razões para o fato de que muitas empresas não têm alcançado os resultados desejados em projetos de implementação de Produção Enxuta:

1. Falta de uma visão clara de como deve ser o novo ambiente enxuto.
2. Falta de uma definição da direção a ser tomada e dos passos necessários para tal.
3. Conhecimento limitado no que diz respeito à forma de conduzir a implementação.
4. Foco direcionado apenas para os mecanismos de funcionamento dos novos processos, sem considerar o impacto dessas mudanças na organização.

Uma importante ferramenta, amplamente usada no processo de desenvolvimento de sistemas de produção enxuta, é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), introduzido por ROTHER & SHOOK (1999). Resumidamente, esta é uma ferramenta de modelagem de empresas com um procedimento para construção de cenários de manufatura.

No entanto, IRANI (2001) apresenta algumas limitações desta ferramenta em tratar aspectos físicos como dimensões e *layouts*. Desta forma, pretende-se com este trabalho que se entenda a necessidade de integração das diversas técnicas e ferramentas do universo *lean*.

NAZARENO & RENTES (2001) afirmam que esta ferramenta concentra-se nas questões relativas à redução do *lead time* dos sistemas, tornando questões como custos, por exemplo, implícitas. WOMACK (2002) aponta o fato de que o MFV tem se limitado a um mero "papel de parede corporativo", não havendo a implementação dos pontos vislumbrados e concebidos em sua situação futura. WOMACK (2002) ainda afirma que muitos gerentes sentem-se angustiados diante da falta de métricas e metas estabelecidas que lhes digam se suas organizações estão se tornando realmente enxutas.

Além disso, SLACK et al. (1999) afirma que o *Just-In-Time* (JIT) não se sente confortável com a alta complexidade, apresentando melhor desempenho em sistemas com estruturas de produto simples e demanda preferencialmente nivelada. O mesmo é afirmado por CORRÊA & GIANESI (1996) que apresentam a flexibilidade de faixa do sistema produtivo como uma das principais limitações do Sistema de Produção Enxuta, que pode resultar em altos níveis de estoque em processo para cada item.

Percebe-se, portanto, a existência de algumas lacunas e limitações na sistematização para aplicação das práticas, métodos e ferramentas da Produção Enxuta.

Em diversas situações, os esforços de melhoria em muitas indústrias brasileiras têm sido desapontadores, com resultados muito abaixo do esperado, resultando em desperdício de recursos, em perda de confiança nos agentes de mudança, em frustração das pessoas envolvidas e, talvez o pior de tudo, em medo de empreitar novas mudanças (RENTES, 2000). Segundo PASCALE et al (1997), esses fracassos ocorrem devido à grande dificuldade por parte das organizações em identificar, priorizar e alinhar propriamente os seus recursos para fazer frente aos muitos fatores que produzem transformações organizacionais sustentáveis.

No sentido de contextualização final do problema, podemos destacar que um grande desafio existe em passar as melhorias propostas "no papel" para a realidade das organizações. Segundo RENTES (2003, Notas de Aula) estes desafios traduzem-se em alguns obstáculos tais como:

- Crenças e valores das pessoas e das próprias organizações;
- Comportamento das pessoas, fortemente influenciado pelas políticas organizacionais;
- Criação de expectativas adequadas;
- Criação de uma visão clara, vislumbrando-se não somente resultados no curto prazo, mas com um direcionamento claro de ações rumo à uma situação futura desejável.

1.3. Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor e aplicar um método para o desenvolvimento e implantação de sistemas de produção enxuta, que integre de forma complementar as ferramentas dos Processos de Raciocino da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor, proposto por ROTHER & SHOOK (1999).

Este método visa auxiliar os agentes de mudança na efetiva aplicação das melhorias propostas.

Para a criação deste método serão usadas como base as ferramentas dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições (TOC), sendo escolhido pela sua relevância em enumeras aplicações, no mais diversos setores.

Este método apresentará as ações de melhorias, explicitando os efeitos positivos da aplicação de cada uma das iniciativas, os obstáculos existentes à sua efetiva implantação e as ações específicas para combater cada um dos obstáculos.

O método irá propor um modelo para diagnóstico da situação atual da empresa e um modelo para o desenvolvimento da situação futura. Em ambos os casos serão utilizados os Processos de Raciocínio da TOC e o método proposto por ROTHER & SHOOK (1999) de Mapeamento do Fluxo de Valor.

O resultado final será a existência de um plano de implementação passo – a – passo, alinhado à realidade existente na organização e que conduzirá a resultados condizentes com as expectativas geradas durante a sua criação.

A metodologia apresentada deverá ser considerada como um modelo de referência, com o intuito de guiar as ações de implementação e conceituação dos sistemas de produção sem, no entanto, constituir-se como uma regra rígida de condução deste processo.

1.4. Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho

ANDRADE (2002, apud Lakatos e Marconi (1991)) afirma que os métodos científicos alcançam seus objetivos quando cumprem as etapas: (1) descobrimento do problema. (2) colocação precisa do problema. (3) procura dos conhecimentos. (4) tentativa de solução do problema. (5) invenção de novas idéias.

(6) obtenção de uma solução do problema. (7) investigação das conseqüências. (8) prova ou comprovação. (9) correção da hipótese, teorias ou procedimentos.

As duas primeiras etapas apresentadas estão relacionadas à apresentação do problema e dos objetivos deste trabalho, já apresentados. As etapas seguintes da metodologia a ser aplicada, podem ser apresentadas pela figura 1, que representa uma visão clássica do ciclo de desenvolvimento de protótipos, adaptado de RENTES (1995).

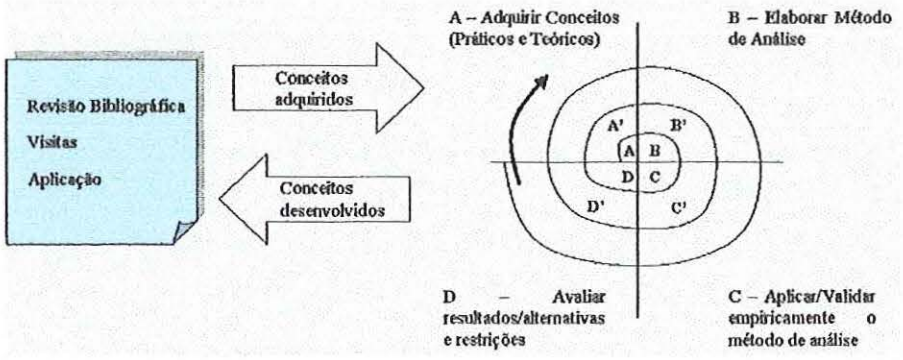


Figura 1: Ciclo de desenvolvimento de protótipos (adaptado de RENTES, 1995)

O ciclo de desenvolvimento (A,B,C e D) é complementado por uma série de ciclos subseqüentes e complementares. Da forma aqui proposta, após a colocação precisa do problema e a definição dos objetivos da pesquisa, inicia-se com a realização das pesquisas bibliográficas e visitas à empresas com aplicações de sucesso dos conceitos de produção enxuta.

GIL (1991) define o procedimento técnico de pesquisa bibliográfica como sendo feito a partir de material já publicado como livros, artigos e periódicos, inclusive aquelas referências disponibilizadas na Internet.

A seguir, elabora-se um método preliminar de análise e documentação dos dados (etapa B), e se valida o mesmo empiricamente por meio de aplicações práticas em organizações (etapa C). Na etapa D, é feita a avaliação dos resultados por parte da organização onde foi executada a aplicação, e também pela comunidade acadêmica.

Dessa forma, um novo ciclo inicia-se dando prosseguimento ao aperfeiçoamento do método desenvolvido, podendo-se adicionar novos conceitos e permitindo o aprofundamento naqueles já desenvolvidos de forma preliminar.

SILVA & MENEZES (2000) apresentam duas formas de abordagem do problema: quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, traduzindo as informações e opiniões em números a serem analisados.

A abordagem realizada neste projeto será a de uma pesquisa qualitativa, que segundo SILVA & MENEZES (2000) considera que o ambiente natural é a fonte direta de coleta de dados e o pesquisador apresenta-se como o instrumento chave na análise destes dados.

NAKANO & FLEURY (1996) e HOPPEN et al. (1996) apresentam os principais métodos de pesquisa qualitativa como sendo: o estudo de caso, a observação participante e a pesquisa ação.

GIL (1991) define o procedimento técnico de estudo de caso como sendo feito a partir do estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos com o intuito de conhecê-lo de maneira ampla e detalhada.

THIOLLENT (1986) define pesquisa ação como "... um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada com estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo".

A metodologia de pesquisa ação mostra-se a mais adequada para a pesquisa em questão, uma vez que o desenvolvimento deste trabalho será feito por meio da validação de aplicações dentro de organizações.

SILVA & MENEZES (2000) afirmam que a Engenharia de Produção caracteriza-se como uma engenharia de métodos e procedimentos, com o objetivo de gerenciar a integração sistêmica de pessoas, materiais, equipamentos e ambientes, apresentando uma abordagem interdisciplinar.

O método de coleta de dados necessários se dará por meio de observação direta do objeto de estudo deste trabalho, constituindo-se uma amostragem intencional representativa do universo da aplicação.

O método proposto por ROTHER & SHOOK (1999) para a construção do Mapa do Fluxo de Valor já contempla a coleta de dados quantitativos referentes aos processos produtivos e do fluxo de informação.

O método dos Processos de Raciocínio da TOC envolve a coleta de dados também qualitativos que poderão ser feitos de forma semi-estruturada, por exemplo, por meio de *brainstorms*.

Para o efetivo resultado do processo de coleta e análise dos dados, será oferecida uma qualificação conceitual sobre Sistemas de Produção Enxuta e sobre as ferramentas do Processo de Raciocínio da TOC aos elementos chaves das organizações que serão objeto de estudo.

Por meio da aplicação desta metodologia de pesquisa busca-se uma profunda compreensão do contexto da situação, enfatizando a seqüência dos fatos ao longo do tempo, com um enfoque mais desestruturado, conferindo maior flexibilidade pela não existência de hipóteses fortes no início da pesquisa (HOPPEN et al.,1996).

1.5. Organização do texto

Este texto apresentou, no capítulo 1, uma introdução contextualizando a proposta de pesquisa embasada no conceito de manufatura enxuta. Em seguida, foi delineado o problema, detalhando os objetivos do trabalho no campo da implementação deste sistema de produção. E, em seguida o referencial teórico de embasamento para a metodologia de pesquisa a ser adotada.

No capítulo 2, serão apresentados os referencias teóricos necessários para a proposição da solução. Serão apresentados os conceitos básicos da Teoria das Restrições, em especial, as ferramentas conhecidas como Processos de Raciocínio. A seguir, figurarão as principais práticas, técnicas e ferramentas pertencentes ao sistema de produção enxuta, particularmente o Mapeamento do Fluxo de Valor e o método de implementação da Situação Futura.

Este trabalho apresentará os conceitos e ferramentas dos Processos de Raciocino da Teoria das Restrição: Árvore da Realidade Atual, Árvore da Realidade Futura, Diagrama de Dispersão de Nuvem, Árvore de Pré-Requisitos e Árvore de Transição.

Em seguida, serão apresentadas algumas técnicas, princípios e filosofia contidos na Produção Enxuta. O objetivo principal será identificar e discutir

as correlações entre a situação atual de uma organização, as técnicas e ferramentas a serem aplicados visando à otimização do sistema, e os relacionamentos de precedências e feitos esperados entre as ações necessárias à efetiva implantação de cada uma das iniciativas.

Desta forma, estaríamos abordando os diversos tópicos presentes em um projeto de concepção e desenvolvimento de um sistema de manufatura de uma forma uma sistêmica. Ao mesmo tempo, serão consideradas as particularidades de cada uma das ferramentas de modo a auxiliar os responsáveis pela concepção e desenvolvimento do novo sistema produtivo.

Elaborar uma lista abrangente de todos os termos *lean* não é uma tarefa fácil (LÉXICO LEAN, 2003). Neste sentido, as iniciativas propostas pelo método e pela sua aplicação prática poderão estar sujeitas à introdução e alterações contínuas. Segundo STANDARD & DAVIS (1999), as técnicas enxutas agindo sozinhas não conferem nenhuma melhoria substancial, e afirmam que a manufatura enxuta não é uma coleção de técnicas das quais pode-se simplesmente escolher e pegar.

No capítulo 3, será apresentada a metodologia proposta, compondo o escopo deste trabalho, para a estruturação de um processo lógico de implementação das ferramentas apresentadas no capítulo anterior.

O capítulo 4 apresenta a aplicação do método proposto.

No capítulo 5 são apresentadas as análises e conclusões do método proposto, bem como sugestões de desenvolvimentos futuros de trabalhos nesta área.

No capítulo 6 apresentam-se os anexos da dissertação.

Por fim, no capítulo 7, são citadas as referências bibliográficas utilizadas no decorrer deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este tópico do trabalho apresentará a revisão bibliográfica sobre o conceito da Teoria das Restrições e as ferramentas que compõem os seus Processos de Raciocínio. Em, seguida, será apresentado um breve histórico, os princípios e as ferramentas aplicadas aos Sistemas de Produção Enxuta. Por fim, será revisado o método de Mapeamento do Fluxo de Valor e sua técnica proposta para implementação.

A produção enxuta visa a redução do nível de recursos de entrada em um sistema produtivo, de acordo com um dado nível de saída para este sistema. Isto é obtido por meio da remoção de desperdícios do sistema, primeiramente aqueles na forma de recursos a serem transformados (matéria-prima, estoque em processo, etc.), mas também inclui mudanças em recursos como pessoas, processo tecnológico, layout, etc.

Segundo WOMACK et al (1992), os princípios da produção enxuta podem ser aplicados em todas as indústrias do mundo, e que a conversão rumo à produção enxuta terá um efeito profundo na sociedade humana – realmente mudará o mundo.

O modelo de produção enxuta relaciona a vantagem do desempenho da manufatura à sua aderência com relação a três princípios:

- Melhorar o fluxo de material e informação no ambiente de negócios;
- Ênfase na "puxada" do consumidor, ao invés daquilo "empurrado" pela organização e;
- Comprometimento com o melhoramento contínuo por meio do desenvolvimento das pessoas.

DETTMER (1997) afirma que as ferramentas desenvolvidas para a aplicação da Teoria das Restrições são lógicas por natureza e, quando aplicadas em

novas soluções, criam soluções distintas. No entanto, estas soluções são facilmente transferíveis a outras circunstâncias.

Nesse sentido, a utilização das ferramentas do Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições servirá como uma base lógica para o entendimento das inter-relações entre as diversas práticas da Produção Enxuta, assim como formando uma metodologia de referência para o processo de implementação deste sistema de produção.

2.1. A Teoria das Restrições e o método dos Processos de Raciocínio

Neste tópico do trabalho, iremos posicionar historicamente a Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*), apresentar algumas definições comumente relacionadas ao termo "restrições", e os passos propostos para o Processo Decisório da Teoria das Restrições. Por fim, iremos apresentar as ferramentas e que compõem o Processo de Raciocínio da Teoria das Restrições.

A Teoria das Restrições foi criada pelo Físico israelense Eliyahu M. Goldratt na década de 80, fundamentada, inicialmente, em programas de computação com o objetivo de desenvolver e implementar um sistema de programação da produção com capacidade finita para resolver problemas de chão de fábrica.

No entanto, para quebrar paradigmas existentes na forma de pensar e agir dos tomadores de decisão nas organizações desenvolveu-se um conjunto de pressupostos, regras e princípios capaz de criar, comunicar e implementar uma boa solução para a produção.

De acordo com os pressupostos presentes na Teoria das Restrições, restrição é qualquer coisa que limita um sistema em atingir maior desempenho em relação a sua meta, (GOLDRATT, 1991). Estas restrições podem ser físicas, como uma máquina com baixa capacidade produtiva, número de empregados abaixo do ideal, demanda de mercado, ou não físicas como, por exemplo, restrições derivadas de políticas adotadas pela organização, posturas comportamentais e posturas culturais.

CORBETT NETO (1997) sugere a TOC como sendo uma das grandes revoluções na administração, abandonando o paradigma mecanicista da administração científica, passando a encarar empresas e organizações como sistemas dinâmicos. MABIN & BALDERSTONE (1999) publicaram um estudo independente, com o resultado obtido por uma amostra de empresas que vinham usando e aplicando os conceitos da TOC. Alguns dos resultados apresentados foram:

1. *70% de redução média do tempo de lead-time;*
2. *44% de índice médio de melhoria na pontualidade de entrega;*
3. *63% de aumento médio de faturamento e lucro;*
4. *65% de redução média do tempo de ciclo;*
5. *49% de redução de níveis de inventário;*

CORBETT NETO (1997) afirma que se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito, ou seja, se uma empresa com fins lucrativos não apresentasse restrição alguma, seu lucro seria infinito. Pensar em uma corrente e no fato de que sua resistência é determinada pelo seu elo mais fraco é uma analogia proposta por GOLDRATT (1998). Neste sentido, aumentar a resistência da corrente passa pela identificação de qual é o seu elo mais fraco (restrição).

FAWCET & PEARSON (1991), apresentam a existência de dois tipos de restrições: interna e externas. As restrições internas podem apresentar-se como capacidade limitada de estações de trabalho, habilidades da mão-de-obra e falta de flexibilidade. Por outro lado, as restrições externas são governadas pelo mercado (características da demanda, do fornecimento ou da cadeia de suprimentos como um todo), estando muitas vezes fora do controle da administração, mas influenciando o *mix* de produtos e a taxa de utilização dos recursos.

Goldratt desenvolveu uma metodologia chamada de "Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições", que se baseia na condução de cinco passos lógicos para condução do processo decisório, e utiliza cinco ferramentas no sentido de identificar a verdadeira restrição do sistema, seja ela física, não física, interna ou interna.

O processo decisório da Teoria das Restrições foi descrito por GODRATT & COX (1995), fornecendo um procedimento simples para lidar com elementos restritivos em um sistema. São eles:

1. Identificar a(s) restrição(ões) do sistema: este primeiro passo objetiva identificar o que limita o desempenho organizacional, ou seja, o que o está impedindo de alcançar resultados infinitos daquilo que busca.

2. Explorar a(s) restrição(ões) do sistema: o passo seguinte prega a exploração, da melhor maneira possível, da restrição anteriormente identificada. Sem que, neste momento, busque-se grandes investimentos no sentido da eliminação total desta restrição.

3. Subordinar tudo à decisão anterior: seguindo a analogia da corrente, proposta por GOLDARTT, o elo mais fraco da corrente determina sua resistência, não sendo de grande valia melhorar as condições dos outros elos. Os demais recursos devem fornecer o necessário, nem mais nem menos, daquilo que a restrição precisa consumir. Dessa forma, evitando-se desperdício de recursos e eventuais perda de ganhos.

4. Elevar a restrição do sistema: é o mesmo que reforçar o elo mais fraco da corrente, aumentando a capacidade de processamento do recurso restritivo. Segundo CSILLAG (1991), pode-se utilizar trabalhos de Análise de Valor, que permite encontrar melhores desempenhos às funções adequadas com um consumo reduzido de recursos. Sendo, possivelmente, uma alternativa aos grandes investimentos necessários na aquisição de novos equipamentos.

5. Se, nos passos anteriores, uma restrição for quebrada, voltar ao passo 1: ao reforçar o elo mais fraco, a corrente torna-se mais forte, a restrição foi quebrada. Faz-se necessário reiniciar o processo identificando qual o recurso que está, neste momento, restringindo o sistema. Segundo GOLDRATT (1992), quando se tem uma política como restrição deve-se tomar cuidado para não deixar com que a inércia se torne uma restrição do sistema, quando políticas errôneas continuam a serem utilizadas por terem representado práticas bem sucedidas anteriormente.

BURTON-HOULE (2001), afirma que a restrição principal de, praticamente, toda organização é o fato de que elas são estruturadas, mensuradas e

gerenciadas em partes, ao invés de considerar-se o todo. Como conseqüência dessa abordagem, os resultados conseguidos são menores do que aqueles esperados da performance do sistema como um todo.

Conforme comentado anteriormente, a restrição de um sistema pode apresentar-se como sendo física, como uma capacidade de produção de uma determinada máquina, ou não física, como certas características da demanda de mercado pelo produto ou serviço, políticas e normas institucionais, etc. No entanto, a identificação precisa destas restrições não-físicas não se dá de forma tão clara e quantitativamente mensurável como o caso daquelas físicas.

Para as restrições não-físicas, utiliza-se o Processo de Raciocínio, que é composto por ferramentas de análise lógica que dão subsídios para o diagnóstico de problemas, bem como a formulação de soluções e planos de ação para implementá-las.

BURTON-HOULE (2001) faz uma analogia entre o processo clínico aplicado por um médico no tratamento de um paciente e o processo recomendado pela TOC para solucionar um problema sistêmico:

1. Diagnóstico: Sabendo da ineficácia de tratar-se somente os sintomas, o médico inicia sua análise a partir de uma lista de sintomas observados e analisá-los a partir de relações de causa e efeito, procurando a causa comum de todos estes sintomas, a "doença" ou problema principal;

2. Desenvolver um plano de tratamento: considerando a unicidade do paciente, um plano de tratamento é desenvolvido para tratar a doença, sugerindo ações adicionais que garantam que o tratamento irá funcionar. Neste processo, quaisquer efeitos colaterais possíveis a respeito do tratamento são identificados, assim como os meios de evitá-los, ou minimizá-los;

3. Execução do plano de tratamento: de acordo com as considerações anteriores, um plano de ação é desenvolvido para executar-se o tratamento. Por exemplo, procedimentos cirúrgicos, ou pré-operatórios são agendados, assim como todos os recursos necessários para sua consecução (transporte, reserva de leitos, etc.);

Obviamente, a terminologia aplicada pela TOC no desenvolvimento de soluções para organizações é diferente daquela aplicada no ambiente médico. A

TOC procura responder a três questões: O que mudar?, Para o quê mudar?, e Como mudar?, e para isso faz uso de algumas ferramentas.

As cinco ferramentas do Processo de Raciocínio da TOC são:

- Árvore da Realidade Atual (ARA);
- Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN);
- Árvore da Realidade Futura (ARF);
- Árvore de Pré-Requisitos (APR);
- Árvore de Transição (AT);

Estas ferramentas são capazes de responder a três questões que permeiam qualquer processo de mudança: "O que mudar?", "Para o quê mudar?" e "Como mudar?". Na tabela 1, temos o relacionamento das cinco ferramentas com estas três perguntas:

Tabela 1: Cinco ferramentas e as três perguntas

O que mudar?	Para o quê mudar?	Como mudar?
Árvore da Realidade Atual	Diagrama de Dispersão de Nuvem	Árvore de Pré-Requisitos
	Árvore da Realidade Futura	Árvore de Transição

A seguir, passaremos a um detalhamento específico de cada uma destas ferramentas.

2.1.1 Árvore da Realidade Atual (ARA)

O objetivo da ARA é auxiliar a isolar o que precisa ser mudado em qualquer situação (DETTMER, 1997).

A ARA parte de dois pressupostos básicos:

Primeiro: um problema percebido é um "efeito indesejável", geralmente, configurando-se como um sintoma ou efeito resultante de uma causa raiz. Um efeito indesejado é algo que realmente existe e que possui mérito negativo pela sua existência. Além disso, a imensa maioria dos problemas organizacionais são dependentes uns dos outros por meio de um relacionamento de causa-efeito.

Segundo: Deve-se buscar a identificação destes poucos elementos responsáveis pela maioria dos problemas ("efeitos indesejáveis") presentes na organização. GOLDRATT (1994) afirma que apenas um ou dois "problemas-cernes" são a causa de todos os outros, sendo que, os efeitos indesejáveis brotam do problema-cerne.

Estas poucas causas ou "problemas-cernes" são diagnosticados por meio de um diagrama expresso de forma lógica, contendo relacionamentos de causa-efeito que permeiam os principais efeitos indesejáveis existentes.

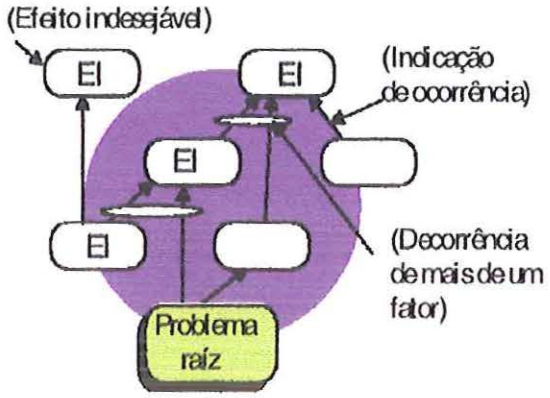


Figura 2: Esquema de uma Árvore da Realidade Atual (RENTES, 2000)

A Árvore da Realidade Atual baseia-se na relação chave: SE ... ENTÃO. Na figura 3, tem-se a forma de se fazer a leitura da árvore.

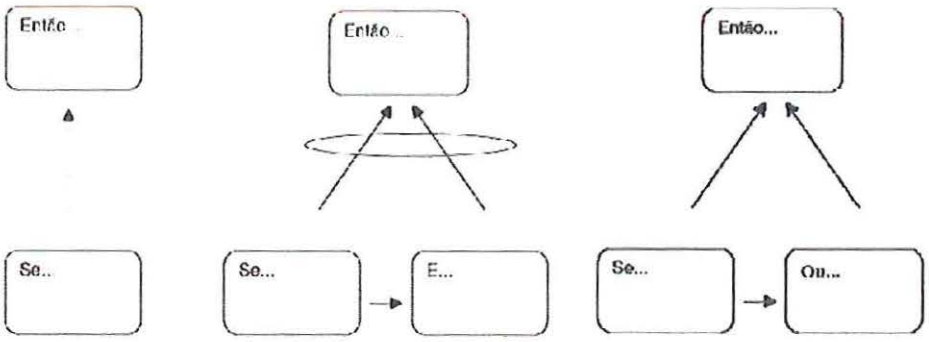


Figura 3: Esquema de indicação de leitura de uma Árvore da Realidade Atual

É importante estabelecermos o contexto no qual a ARA será usada, verificando os diferentes graus de controle em que estão situadas as entidades do sistema. A área na qual residem as entidades sobre as quais tem-se autoridade completa para implementarem-se mudanças é chamada de *área de controle*. Fora da área de controle, reside a chamada *esfera de influência*, que é uma região do ambiente sistêmico onde podemos influenciar as coisas em graus variáveis, mas não temos controle direto sobre elas. Além da esfera de influência, residem aquelas entidades sobre as quais não se tem nenhum controle ou influência.

Na figura 4, temos uma representação da *área de controle* e da *esfera de influência*:

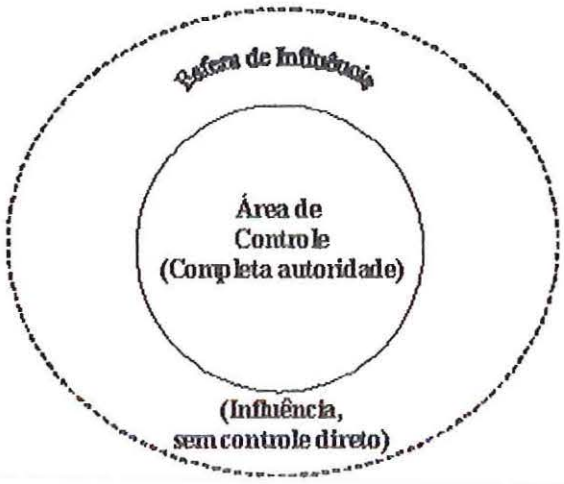


Figura 4: Área de Controle e Esfera de Influência (DETTMER, 1997)

Existem regras para a determinação das entidades que irão compor a ARA, bem como a relação entre elas. DETTMER (1997) apresenta algumas destas regras, chamadas de Categorias de Reservas Legítimas, que são apresentadas na tabela 2. As críticas às entidades presentes e suas inter-relações devem se limitar aos oito tipos definidos por estas Categorias, contudo, em termos de aplicações práticas, pode-se considerar apenas as quatro primeiras, por serem de entendimento mais fácil e pelas últimas quatro serem casos especiais destas quatro primeiras (RENTES, 2000).

Tabela 2: Algumas Categorias de Reservas Legítimas (RENTES, 2000)

1. Claridade. (bom entendimento da estrutura)
o Pode ser adicionada alguma nova entidade que facilite a leitura para uma terceira pessoa?
o O significa/contexto das palavras não é ambíguo?
o As conexões entre causa e efeito estão "imediatamente" convincentes?
o Não estão faltando passos intermediários entre as entidades conectadas?
2. Existência da Entidade. (afirmações propriamente estruturadas e completas)
o A sentença faz sentido?
o A sentença está livre de afirmações do tipo "se-então"?
o A sentença comporta apenas uma idéia ? (não é uma entidade composta?)
o Esta afirmação existe na realidade?
3. Existência de causalidade. (conexões entre causa e efeito)
o A conexão de causa-efeito realmente existe da forma como está escrita?
o A causa que está apresentada realmente é a responsável pelo efeito?
o A relação "se-então" entre as entidades realmente faz sentido quando lida?
4. Insuficiência de Causa. (ausência de elemento dependente)
o A causa, da forma como está escrita, pode levar ao efeito por si só?
o Não existe outra causa faltando na relação causa-efeito?
o As causas relacionadas são suficientes para justificar todas as partes do efeito?
o As relações de "e" e "ou" entre as causas estão corretas?
5. Causa Adicional. (uma causa separada, independente que pode causar o mesmo efeito)
o Não existe outra causa independente que poderia causar o mesmo efeito?
o Se forem eliminadas as causas apresentadas o efeito realmente desaparece?
6. Causa-e-efeito Reverso. (seta apontando na direção errada)
o Não existe a possibilidade da inversão entre causa e efeito fazer sentido?
o A efeito reflete o "porque a causa ocorre", ou reflete um indício de ocorrência da causa?
7. Existência de Efeitos Previsíveis. (efeitos adicionais que deveriam ocorrer decorrentes da causa)
o A causa é intangível?
o Existem outros efeitos inevitáveis decorrentes da causa que deveriam também estar declarados?
8. Tautologia. (lógica circular)
o O efeito apresentado é racional e ocorre ou ele é apenas suposto, considerando a existência de uma causa?
o Existe outro efeito adicional verificável?

A situação ideal é aquela quando a ARA apresenta apenas uma única causa raiz. No entanto, na maioria dos casos, isto não ocorre, com a construção da ARA resultando em um pequeno conjunto de causas raízes independentes. Um problema-raiz é identificado como sendo aquele responsável pela grande maioria dos Efeitos Indesejáveis (cerca de 90%), configurando-se como sendo a restrição do sistema, ou seja, o que precisa ser mudado.

Segundo DETTMER (1997), a ARA pode ser usada isoladamente para a identificação de problemas-raiz ou como um primeiro passo do processo completo de raciocínio da TOC para efetuar mudanças maiores em sistemas complexos.

RENTES (2000) propõe um processo para o desenvolvimento da ARA adaptado de DETTMER (1997), apresentado na tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Processo para o desenvolvimento da ARA (RENTES, 2000)

a-) Criação de lista de Efeitos Indesejáveis.
• Colete os Efeitos Indesejáveis (EI) levantados.
• Individualize estes efeitos em uma lista EI na forma de afirmações claras. Utilize um post-it para cada afirmação.
• Disponha os EI em um quadro.
b-) Inter-relação (um a um) entre os EI.
• Inter-relacione os EI, criando relações de causa e efeito.
• Construa pequenos fragmentos de árvore.
c-) Construção da primeira tentativa de Árvore da Realidade Atual (ARA).
• Construa ligações entre os fragmentos (use papel de *(flip chart)*.
• Pense na existência de causas mais profundas, que possam fazer conexões entre os fragmentos.
• Leia a ARA resultante, considerando as Categorias de Reservas Legítimas.
• Adicione mais informações se necessário.
d-) Escrutínio de ARA.
• Apresenta a árvore para um grupo de projeto que foi entrevistado durante o Levantamento de Situação.
• Identifique e registre as críticas e observações complementares à realidade apresentada na ARA.
e-) Reconstrução da ARA, caso necessário.
• Individualize as novas entidades ou EI em afirmações, incluindo-as na ARA.
• Modifique as relações entre as entidades, caso necessário.
• Questione se a ARA resultante reflete a sua instituição sobre a área.
• Adicione novas entidades se necessário.

• Apresenta a ARA novamente para o grupo de projeto.
f-) Identificação das Causas Raízes.
• Examine as "entradas da ARA", isto é, entidades que não têm seta "entrando", só saindo.
• Identifique as causas raízes que apresentam mais contribuições em termos de efeitos indesejáveis.

2.1.2 Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e Árvore da Realidade Futura (ARF)

O Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN) e a Árvore da Realidade Atual (ARF) são duas ferramentas que procuram responder a questão "para o que mudar?".

O DDN é, basicamente, um diagrama de conflito que objetiva expressar com exatidão um ou mais conflitos que estejam impedindo o sistema de chegar à solução do problema-raiz. Ou seja, é um processo de raciocínio que evidência os conflitos que perpetuam o problema central, buscando sua solução por meio da verbalização dos pressupostos do problema (RODRIGUES, 1995).

GOLDRATT (1994) afirma que o primeiro passo na direção da solução de um conflito é verbalizá-lo de forma precisa. Os passos para a utilização do DDN são:

Passo 1: Interromper a discussão imediatamente caso não haja maneira de encontrar uma solução conciliatório aceitável.

Passo 2: O conflito ocorre não pela existência de "culpados", mas sim por não apresentar uma solução conciliatória amigável.

Passo 3: Verbalizar claramente e escrever com precisão o verdadeiro conflito, sem suposições que o desvirtue.

A solução decorrente da aplicação do DDN para a quebra do conflito é denominada **injeção**. NOREEN et al (1996) afirma que dispersar uma nuvem parte pela exposição de um pressuposto inválido subjacente a uma das flechas, e a injeção é uma solução que quebra uma das flechas da nuvem, invalidando seu pressuposto.

Portanto, a efetiva eliminação do problema se dá por mudanças na realidade de percepção do conflito e de seus pressupostos a ele inerentes, sem a necessidade de serem feitas concessões.

A figura 5 mostra o esquema de um DDN:

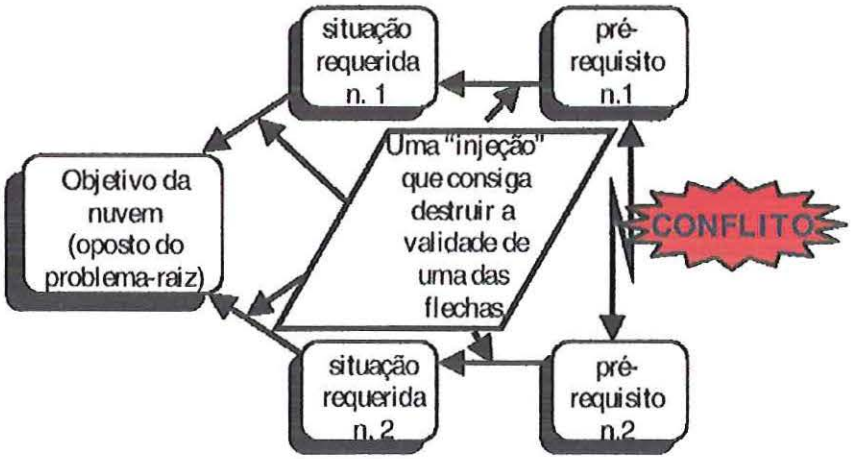


Figura 5: O Diagrama de Dispersão de Nuvem (RENTES, 2000)

O objetivo da nuvem, em geral, é o oposto do problema-raiz identificado. No entanto, para se alcançar este objetivo são necessárias as situações requeridas 1 e 2. Para se obter cada uma destas situações requeridas (1 e 2) são necessários os pré-requisitos de cada uma delas. Neste ponto, tem-se o conflito pois um pré-requisito é justamente a negação (ou inverso) do outro.

O DDN faz com que o objetivo, seus requisitos e pré-requisitos, sejam expostos, e que se consiga perceber pressupostos errôneos em um de seus inter-relacionamentos, permitindo sua solução por meio da injeção.

Esta injeção, em geral, é insuficiente para transformar todos os efeitos indesejáveis (EI'S) em seus opostos, efeitos desejáveis (ED's). A partir das injeções, são construídas relações de causa-efeito, deduzindo seus futuros desdobramentos na direção do alcance de todos os ED's.

Podem ser necessárias injeções adicionais que impeçam o surgimento de novos EI's, e a essa solução completa composto por este conjunto de procedimentos denominamos de Árvore da Realidade Futura (ARF), cujo esquema é apresentado na figura 6.

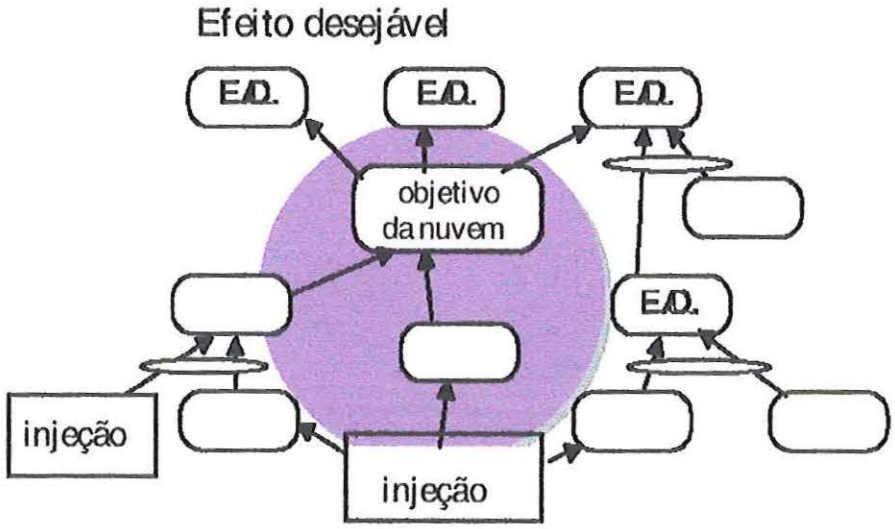


Figura 6: A Árvore da Realidade Futura (RENTES, 2000)

DETTMER (2002) define a ARF como sendo uma cadeia de relações de causa e efeito que partem de ações discretas (injeções) até resultarem nos efeitos futuros desejados.

Portanto, a ARF surge a partir da injeção que quebra o conflito do DDN, e pode verificar se a solução encontrada não irá proporcionar conseqüências negativas, validando a solução proposta.

KENDALL (2001) afirma que a menos que as injeções sejam realmente "compradas" e difundidas na organização por meio dos executivos chefes e gerentes seniores, há uma chance realmente pequena de que estas injeções sejam implementadas de forma plena e rápida.

2.1.3 Árvore de Pré-Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT)

Estratégias de amplitude organizacional são desenvolvidas todo ano, mas raramente são implementadas inteiramente. Uma análise completa da empresa utilizando-se a Teoria das Restrições, por si só, não soluciona problema algum (KENDALL, 2001).

A quarta e a quinta ferramentas que compõem o Processo de Raciocínio da TOC são a Árvore de Pré-Requisitos (APR) e a Árvore de Transição (AT), que respondem ao questionamento de "como mudar?".

A Árvore de Pré-Requisitos é uma seqüência lógica de passos, seqüenciados em Objetivos Intermediários (OI's) que conduzirão ao objetivo final da ARF. A APR permite a identificação das dificuldades e obstáculos à implementação da solução proposta.

DETTMER (2002) propõe a formulação de Árvores de Pré-Requisitos detalhadas como uma rede de atividades de projetos, e gerenciados como projetos discretos, para a execução e implementação de decisões advindas de um planejamento estratégico.

É interessante o desdobramento do processo de alcance do objetivo final da ARF em pequenos passos, pois, em geral, pelo menos uma das injeções é uma idéia revolucionária, que visa quebrar determinados paradigmas da situação atual.

Segundo RODRIGUES (1995) esta estrutura é baseada no conhecimento e na percepção das pessoas envolvidas no projeto para apontar os obstáculos, que permitam o desdobramento das tarefas de implementação em OI's.

Para a construção da APR parte-se das injeções desejadas, definindo os possíveis obstáculos que possam impedi-la de ser implementada. A partir de cada obstáculo, gera-se um Objetivo Intermediário (OI) capaz de romper este obstáculo.

Assim, com a APR obtém-se os obstáculos que se espera encontrar e os Objetivos Intermediários (OI's) que quando alcançados eliminarão o obstáculo correspondente, além de permitir o seqüenciamento destes OI's a partir da dependência cronológica dos obstáculos. NOREEN et al (1996) ressalta a importância da ordem destes OI's, a fim de que os objetivos sejam alcançados a partir da base da árvore.

A figura 7 apresenta o esquema de uma APR, com o intuito de atingir-se a injeção A que apresenta os obstáculos 1, 2 e 3 que impedem o seu alcance. Cada um destes obstáculos deve ser ultrapassado por meio dos seus respectivos OI's.

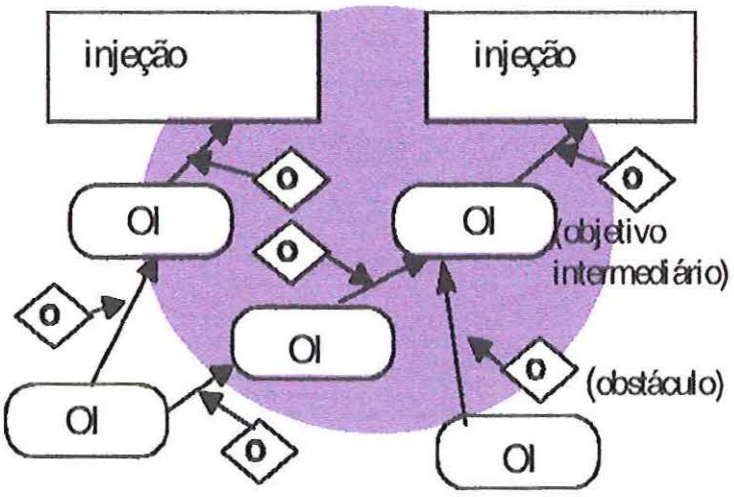


Figura 7: A Árvore de Pré-Requisitos (RENTES, 2000)

Quando os Objetivos Intermediários estiverem explícitos, faz-se um plano de ação detalhado, para cada OI, que será a construção da Árvore de Transição (AT). A AT é, portanto, o plano de implementação das injeções obtidas no DDN e na ARF, descrevendo de forma detalhada as mudanças graduais necessárias à efetiva implementação das injeções na organização.

As soluções apresentam maior chance de provocar os resultados esperados a partir do processo de construção das APR e AT do que a partir de planos estabelecidos casualmente, pois são levantadas todas as ações necessárias para se atingir os OI's descritos na APR, obtendo-se um plano de ação detalhado no sentido de se atingir o objetivo final (NOREEN et al, 1996).

Esta ferramenta é a descrição gradual do que irá ocorrer na realidade e a exposição clara das ações necessárias para que os objetivos sejam alcançados (RODRIGUES, 1995). A AT oferece mecanismos para a verbalização da necessidade da ação, a justificativa do porque a ação irá atingir se objetivo e o seqüenciamento lógico de cada passo no sentido de delegarem-se as ações.

A figura 8 mostra o esquema de uma Árvore de Transição, com a definição de quais ações devem ser executadas no sentido de se atingir seu respectivo OI.

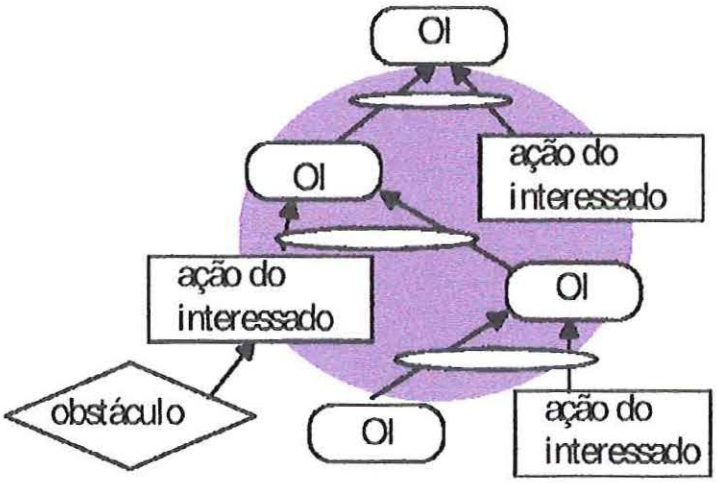


Figura 8: A Árvore de Transição (RENTES, 2000)

2.1.4 Visão Integrada das Ferramentas do Processo de Raciocínio

Existem vários casos de aplicação da Teoria das Restrições (TOC), e das ferramentas de seus Processos de Raciocínio em indústrias dos mais diversos tipos (instituições bancárias, instituições de ensino superior, manufatura, etc...) em aplicações desde o desenvolvimento de planejamento estratégico, definição do mix de produtos, mensuração econômica, etc.

MABIN & BALDERSTONE (1999), em seu estudo com mais de 100 casos de aplicação da TOC, registraram resultados de significativa redução do lead-time, tempo de ciclo e níveis de inventário. Dentre as conclusões dos autores, podemos destacar:

- Em todos os casos analisados, não foram reportadas falhas ou desapontamentos;
- Foram obtidas melhoras significativas tanto em variáveis operacionais como financeiras. Destaca-se que a redução dos níveis de estoque foram acompanhadas por uma redução no lead time de entrega;
- A maioria dos casos apresentou apenas aplicações parciais da TOC;
- A maior dificuldade encontrada, nas aplicações pesquisadas, foi a superação da tendência comportamental de resistência à mudança;

- A maioria das aplicações mais recentes faz uso dos Processos de Raciocínio;
- A TOC é entendida por muitos, erroneamente, como uma técnica de gerenciamento de operações ao invés de uma filosofia de gerenciamento sistêmica;

Vários usos do Processo de Raciocínio dão idéia da gama de assuntos que ele pode tratar com a ARA sendo usada para tratar problemas relativos desde lucros baixos até problemas com fornecedores e prazos de entrega aos clientes. A ARF, em uma empresa, tinha como objetivo um novo sistema de medição de desempenho e até melhor coordenação entre os departamentos. O DDN objetivando um sistema melhor de motivação de vendedores até conflitos entre empregados (NOREEN, et. al. 1996).

As ferramentas do PR da TOC permitem uma representação visual e verbal lógica, explicitando as inter-relações existentes entre as diversas entidades de uma organização, conseguindo-se enxergar de maneira lógica toda a complexidade das organizações sistêmicas.

A análise lógica de causa e efeito permite a interpretação de situações de difícil análise, no sentido de atingir seu objetivo final, superando as dificuldades e obstáculos presentes em qualquer processo de mudança.

Um dos mais importantes requisitos para a implementação efetiva de uma estratégia é o consenso. Uma técnica tradicional para despertar o comprometimento das pessoas é encorajar sua participação na definição dos desafios e dos caminhos a serem seguidos para atingi-los (DETTMER, 2002).

DETTMER (2000) assegura que tem ensinado advogados a utilizarem as ferramentas do PR com o objetivo de melhorarem suas negociações em tribunais. GAION et al (2000) afirmam que a Teoria das Restrições é um processo de raciocínio, tendo como base o fato de que qualquer processo é controlado pelo elo mais fraco, limitando a organização no alcance de suas metas.

A Corrente Crítica (GOLDRATT, 1998) relata a aplicação dos Processos de Raciocínio nas atividades de planejamento, programação e controle de projetos. Ainda, segundo GOLDRATT (1998) a TOC é uma combinação de três

conceitos: o primeiro é o de que ela é uma nova filosofia gerencial, o segundo são os métodos de pesquisa criados por ela e o terceiro o seu grande espectro de aplicativos.

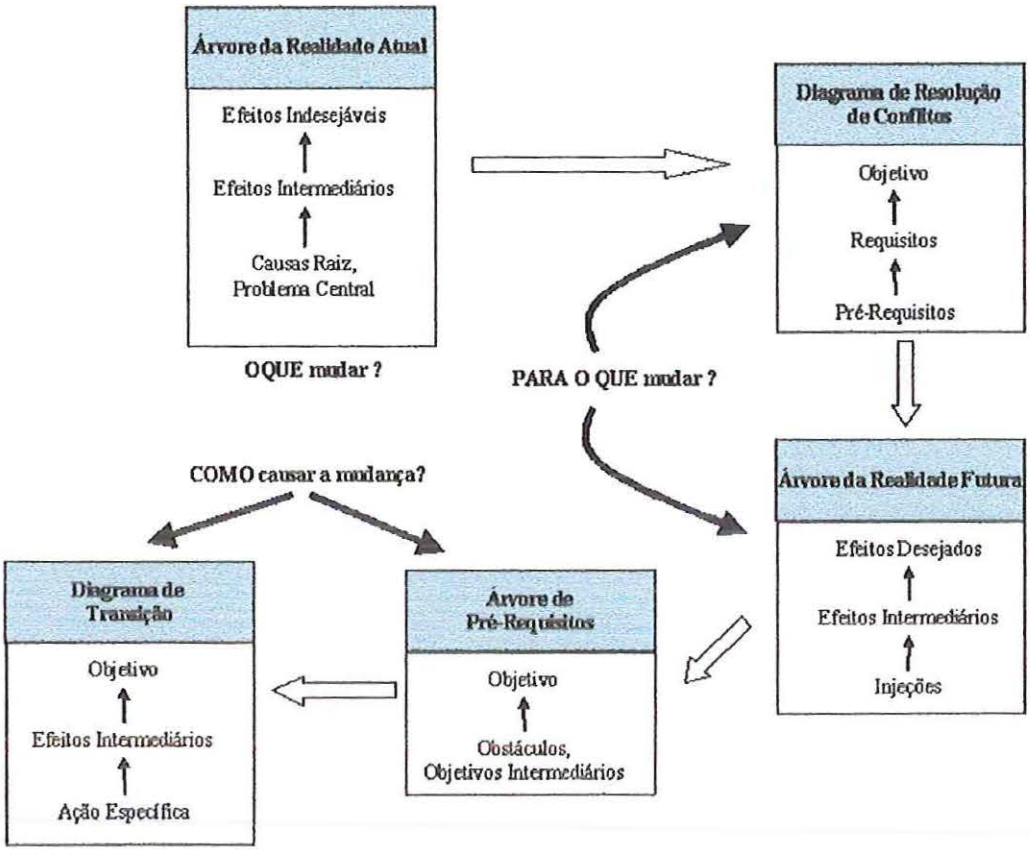


Figura 9: As cinco ferramentas lógicas com um Processo Integrado de Raciocínio (adaptado de DETTMER, 1997)

2.2. Produção Enxuta (*Lean Production*)

Embora a produção em massa fosse capaz de reduzir os custos e aumentar o volume produzido, a pressão dos consumidores para resolver o *trade-off* entre eficiência e variedade de produtos fez com que a manufatura repensasse a sua forma. Os consumidores demandavam uma maior variedade de produtos e continuavam a exigir cada vez mais qualidade (ZIMMERMANN et al, 2000).

A produção em massa e padronizada foi o modo dominante de manufatura e operação até o surgimento da manufatura enxuta, combinando a eficiência em custo, qualidade, flexibilidade e tempo. A manufatura enxuta mudou as regras de competição, diminuindo *lead times*, aumentando a variedade de produtos, e modificando as preferências dos consumidores (SMEDS, 1994).

WOMACK et al (1992) modelam a filosofia de produção enxuta como sendo um sistema produtivo integrado, com enfoque no fluxo de produção, produzindo em pequenos lotes, conduzindo a um nível reduzido de estoques. Outros princípios apontados por WOMACK et al (1992) que caracterizam esta filosofia são:

a) envolve ações de prevenção de defeitos ao invés da correção posterior;

b) é flexível, organizada por meio de times de trabalho formados por operadores multifuncionais;

c) pratica um envolvimento ativo na solução das causas de problemas, buscando maximizar a agregação de valor ao produto final;

A seguir, faremos uma breve contextualização histórica deste sistema de produção, e nos itens seguintes deste tópico são apresentados seus princípios e a designação das categorias de desperdício.

2.2.1 Histórico

O sistema conhecido atualmente como Produção Enxuta foi desenvolvido na *Toyota Motor Company*, no Japão, ao final da década de 40, objetivando o combate aos desperdícios. Desperdício pode ser conceituado,

resumidamente, como o resultado de toda atividade que consuma recursos e que não agregue valor ao produto.

Taiichi Ohno, da *Toyota Motor Company* é considerado o "pai" do sistema chamado *Just In Time* (JIT), chamando seu método de Sistema Toyota de Produção.

Em 1949, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda publicaram o livro *Toyota Production System*, no qual afirmam que JIT significa que em um processo produtivo, onde estejam envolvidos clientes e fornecedores, os componentes devem chegar à linha de montagem corretamente, no momento e quantidades certas.

A adoção deste conceito de sistema produtivo por esta empresa, foi fundamental para a sua adequação às necessidades práticas e ao contexto nacional japonês que se caracterizava, na época, por:

- ✓ Uma indústria que precisava ser completamente reconstruída após o período da segunda guerra mundial;
- ✓ O mercado era altamente segmentado;
- ✓ Não existia volume de produção demandada que justificasse a adoção de práticas de produção em massa.

Os princípios que permeiam a produção enxuta, não são rigorosamente novos (MACHADO & HEINECK,2000), uma vez que muitos deles podem ter suas origens rastreadas em trabalhos pioneiros como Taylor e seus princípios da administração científica. Para este autor, a teoria da produção enxuta vem sendo moldada por meio da desagregação de princípios de algumas teorias já existentes, aproveitando aqueles associados às suas diretrizes.

No entanto, JAMES-MOORE & GIBBONS (1997) afirmam que somente após o estudo da indústria automobilística japonesa, todo o potencial desta forma de produção pôde ser compreendido.

No livro "A máquina que mudou o mundo", escrito por WOMACK & JONES (1992) foram publicados os resultados de uma pesquisa realizada pelo *Massachusets Institute of Technology* (MIT), que demonstrava o desempenho acentuadamente superior das empresas automobilísticas japonesas frente às demais empresas mundiais deste mesmo setor, ainda organizadas de acordo com o paradigma da produção em massa. Os resultados desta pesquisa, de certa forma,

trouxeram à luz do ocidente toda a gama de práticas, filosofias e princípios que vinham sendo aplicados.

2.2.2 Princípios da Produção Enxuta

O objetivo da produção enxuta, tomado em sua última e utópica instância, é atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita, e sem nenhuma espécie de desperdício.

SLACK et al (1999) apresenta uma série de frases e termos para descrever, mesmo que superficialmente, este tipo de abordagem, tais como:

- manufatura de fluxo contínuo;
- manufatura de alto valor agregado;
- produção com pouco estoque (ou estoque zero);
- manufatura veloz;

Segundo CORRÊA & GIANESI (1996) a produção enxuta não assume a estabilidade de metas e variáveis de desempenho de forma passiva, incentivando o melhoramento contínuo das características de processo por meio da eliminação dos desperdícios.

A fim de alcançar a meta estabelecida, os gerentes devem eliminar refugos e as avarias nas máquinas, reduzir o tamanho dos lotes e os tempos de preparação. O trabalho em equipe, tanto dentro da fábrica quanto com os fornecedores externos, deve ser feito com o mesmo afinco. A negociação com os fornecedores externos deve levar em conta a qualidade dos materiais e produtos que eles fornecem, as quantidades e freqüência de entrega, bem como o tamanho das caixas em que vêm os produtos (SLACK, 1999).

NAZARENO et al (2001) afirmam que a produção enxuta tem uma visão bastante similar ao conceito de *Just In Time* (JIT), diferindo com a adição de novas ferramentas, como CONWIP (*Constant Work In Process*) e quadros de nivelamento da produção (*Heijunka Box*), trabalhando de forma integrada às ferramentas tradicionais da abordagem JIT.

CUSUMANO (1994) apresenta um conjunto de princípios que designariam a adoção de uma gerência de produção enxuta, dentre os quais, pode-se destacar:

- minimização de estoques intermediários;
- concentração geográfica da produção de componentes e montagem;
- a demanda sendo puxado por meio de cartões *Kanban*;
- nivelamento da produção;
- redução do tempo de preparação das máquinas (*setup*);
- padronização do trabalho;
- trabalhadores multifuncionais;
- melhoria contínua do processo;
- desenvolvimento de sistemas a prova de falhas (*poka-yoke*);

MACHADO & HEINECK (2000) analisam a inserção estratégica da produção enxuta, relacionando práticas da produção enxuta, algumas delas envolvendo procedimentos similares, com as dimensões competitivas de qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos, apresentadas por SLACK et al (1999).

WOMACK et al (1992) apresentam cinco princípios para a configuração de um sistema de produção enxuta:

1. Definir detalhadamente o significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, em termos das suas especificações como preço, prazo de entrega, etc.;

2. Identificar a cadeia de valor para cada produto, ou família de produtos, incluindo os dados de cada operação de transformação necessária, bem como o fluxo de informação inerente a esta família ou produto;

3. Gerar um fluxo de valor com base na cadeia de valor obtida, de modo que isso ocorra sem interrupções, objetivando reduzir e, se possível, eliminar as atividades que não agreguem valor que componham a cadeia identificada;

4. Configurar o sistema produtivo de forma que o acionamento se dê a partir do pedido do cliente, sejam eles internos ou externos, de forma que o fluxo e a programação sejam puxados, não empurrados;

5. Buscar incessantemente a melhoria do fluxo de valor por meio de um processo contínuo de redução de perdas;

2.2.3 Categorias de Desperdício

Conforme afirmado anteriormente, desperdício pode ser conceituado, resumidamente, como o resultado de toda atividade que consuma recursos e que não agregue valor ao produto. WOMACK & JONES (1992) descrevem o desperdício como sendo qualquer atividade humana que absorve recurso, mas que não cria valor.

Dentro deste contexto, HINES & TAYLOR (2000) definem três tipos de atividades quanto à sua fundamentação:

1. *Atividades que agregam valor (AV): são aquelas atividades que, aos olhos do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso.*

2. *Atividades que não agregam valor (NAV): são as atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, sendo desnecessárias nas atuais circunstâncias.*

3. *Atividades necessárias que não agregam valor: são aquelas atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, mas que são necessárias a não ser que o processo atual mude radicalmente.*

Portanto, as atividades que não agregam valor e não são necessárias (NAV) são os focos dos desperdícios, devendo ser objeto de esforço para sua completa eliminação. Os desperdícios advindo das atividades que não agregam valor, mas que são necessárias, não podem ser eliminados no curto prazo, mas devem ser submetidos a um aprimoramento contínuo do processo de forma que possam vir a ser eliminados, mesmo que no longo prazo.

Segundo os autores, em um ambiente de produção de bens (manufatura ou fluxo logístico) a relação entre os tempos consumidos pelos três tipos de atividades giram em torno da seguinte proporção:

- 5% de atividades que agregam valor.
- 60% de atividades que não agregam valor.
- 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias.

Já em um ambiente de processamento de informações, tais como escritório, engenharia e processamento de ordem, a relação entre os tempos consumidos pelos três tipos de atividades giram em torno da seguinte proporção:

- 5% de atividades que agregam valor.
- 49% de atividades que não agregam valor.

➢ 50% de atividades que não agregam valor, porém necessárias.

O ambiente relacionado acima sugere grandes oportunidades de projetos e ações no sentido de redução dos desperdícios. No entanto, o enfoque principal dos programas de melhoria tem sido, tradicionalmente, dirigidos às tarefas que agregam valor. Já os princípios da produção enxuta direcionam os esforços destes programas, justamente, às atividades que não agregam valor, uma vez que elas correspondem, atualmente, a maior parte do tempo desprendido pelas organizações.

Podemos visualizar um diagrama comparativo da abordagem tradicional de melhorias, com enfoque nas atividades que agregam valor, e o enfoque proporcionado pela produção enxuta na figura 10:

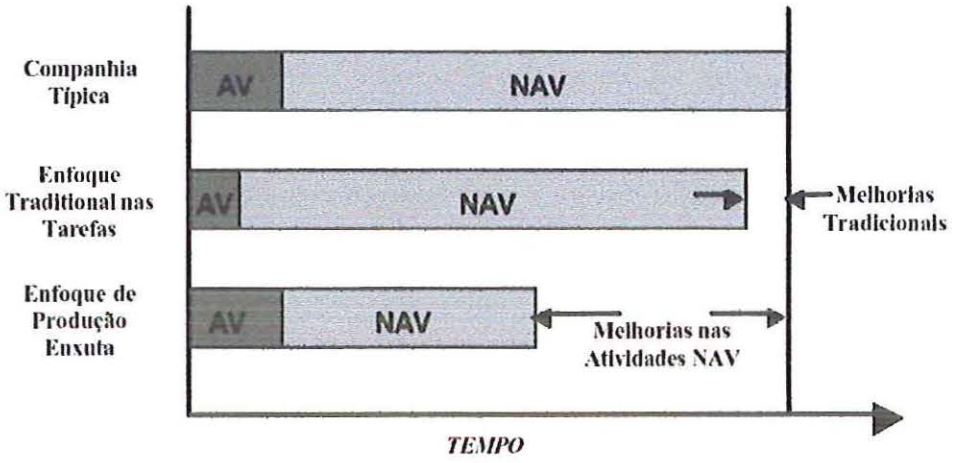


Figura 10: O enfoque tradicional nas tarefas e o enfoque da produção enxuta (HINES & TAYLOR, 2000)

Uma vez que as atividades que não agregam valor (NAV) representam uma parcela altamente considerável do tempo gasto pelas empresas, as melhorias propostas e implementas pelo enfoque da produção enxuta resultam em ganhos significativos quando comparadas àquelas resultantes do enfoque tradicional.

ROTHER & HARRIS (2002) afirmam que ao examinar-se cuidadosamente os movimentos do operador trabalhando, teremos três tipos de movimento: agregação de valor, "trabalho incidental" (necessários, mas devendo ser eliminado) e desperdício (deve ser eliminado).

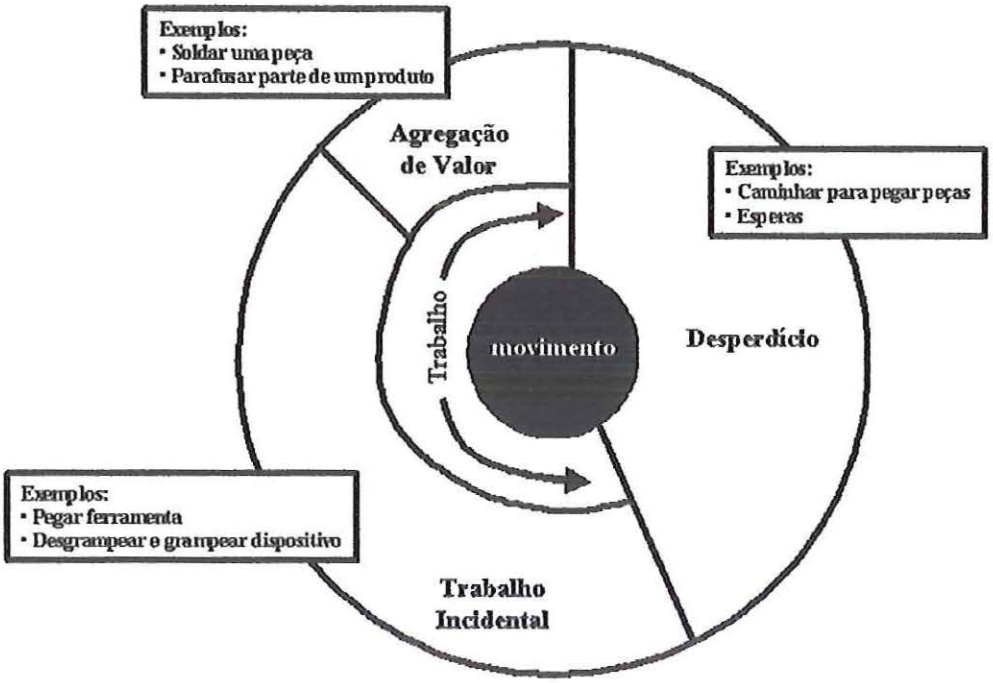


Figura 11: Tipos de Movimentos de Trabalho (ROTHER & HARRIS, 2002)

Os desperdícios são classicamente dispostos em sete categorias (WOMACK & JONES, 1996):

1. *Superprodução*: Produzir antecipadamente ou em quantidade maior do que o necessário resulta em um fluxo pobre de peças e informações e, em última análise a um excesso de inventário.

2. *Tempo de Espera*: Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos. Menos óbvio é o montante de tempo de espera que ocorre quando os operadores estão ocupados produzindo estoque em processo, que não é necessário naquele momento (SLACK et al, 1999).

3. *Transporte*: É o desperdício proveniente do movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia. SLACK et al (1999) afirma que, embora o transporte claramente não agregue valor ao produto, as empresas normalmente aceitam esta atividade em seu processo como um "dado".

4. *Processos Inadequados*: São as fontes de desperdício no próprio processo, por exemplo, a existência de algumas operações advindas de um projeto, componentes ou manutenção que poderiam ser melhorados. Modificações nestas estruturas podem facilitar operações, ou mesmo extingui-las.

5. *Inventário desnecessário*: Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente.

Segundo SLACK (1999), os estoques existem porque o fornecimento e a demanda não estão em harmonia um com o outro, ou seja, existe uma diferença de ritmo entre fornecimento e demanda de recursos materiais.

SLACK (1999) apresenta, ainda alguns tipos de estoque:

Estoque isolador: também é chamado de estoque de segurança. Seu propósito é compensar as incertezas inerentes ao fornecimento e à demanda. Estoque de ciclo: ocorre porque um ou mais estágios na operação não podem fornecer todos os itens que produzem simultaneamente. Dessa forma, mesmo quando a demanda seja estabelecida e previsível, haverá algum estoque para compensar o fornecimento irregular de cada tipo do *mix* de produtos. Estoque de antecipação: é usado para compensar diferenças de ritmo de fornecimento e demanda. Por exemplo, em vez de fazer chocolate somente quando for necessário, ele é produzido ao longo do ano à frente da demanda e colocado em estoque até que seja necessário. Estoque no canal de distribuição: desde o momento em que o estoque é alocado (e, portanto, está indisponível para qualquer outro consumidor), até o momento em que se torna disponível para o consumidor de destino. Todo estoque em trânsito é definido como estoque no canal de distribuição.

6. *Movimentação desnecessária*: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens. O valor agregado por estas atividades é nulo, sendo que ações para combatê-las pode ser de considerável ganho na redução do desperdício total.

7. *Produtos Defeituosos*: Problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega. SLACK (1999) afirma que o desperdício de qualidade é, normalmente, bastante

significativo nas empresas, mesmo que as medidas reais de qualidade sejam limitadas.

2.3. Técnicas, conceitos e ferramentas aplicados aos sistemas de Produção Enxuta

Conforme descrito no item de organização do texto do presente trabalho, neste tópico iremos apresentar, de forma geral e sucinta, as características das principais práticas aplicadas aos sistemas de manufatura enxuta. As condições específicas para a implementação destas práticas, bem como seus inter-relacionamentos, serão discutidos posteriormente, constituindo o foco principal deste trabalho.

Classificação e seleção de famílias de produtos: Um produto e suas variações passando por etapas similares de processamento e equipamentos comuns, próximas do envio para o cliente, constitui uma família de produtos (LÉXICO LEAN, 2003). Segundo ROTHER & SHOOK (1999), um ponto a ser entendido claramente é a necessidade de focalizar o mapeamento dos processos em uma família de produtos. Uma família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns em seus processos anteriores. Como na figura 12, temos uma empresa com uma linha de sete produtos (linhas de A até G), conforme percebidos pelos clientes, e suas respectivas etapas de montagem e uso de equipamentos (colunas de 1 à 8). A partir da construção desta tabela, chamada de Matriz de Famílias de Produtos, podemos identificar aqueles produtos que percorrem "caminhos comuns" (como os produtos A, B e C da figura), que formarão uma família cujo fluxo será mapeado.

		Etapas da Montagem e Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Figura 12: Matriz de Família de Produtos (ROTHER & SHOOK, 1999)

Além das similaridades de etapas de processo e uso de equipamentos, a orientação para clientes com características diferentes pode ser usada para definir famílias de produtos, bem como o sistema de controle adotado. As famílias de produtos podem ser definidas a partir da perspectiva de qualquer cliente ao longo de um fluxo de valor estendido, seja a cliente final, sejam os clientes intermediários dentro do processo de produção (LÉXICO LEAN, 2003).

Pode ser interessante classificar as famílias de produtos (ou componentes) de forma a diferenciar-se o procedimento de controle e análise àqueles mais importantes. Uma forma comum de discriminar diferentes itens é fazer uma lista deles, de acordo com suas movimentações de valor (taxa de uso multiplicada pelo valor unitário) SLACK et al (1999). A lei de Pareto (regra 80/20) indica que apenas 20% de todos os itens são responsáveis por cerca de 80% da movimentação de valor, desta forma, os itens podem ser classificados conforme o seguinte critério de priorização:

- Itens classe A: são aqueles 20% de itens de alto valor, que representam cerca de 80% do valor total de movimentação.
- Itens classe B: são aqueles de valor médio, usualmente, os seguintes 30% dos itens que representam cerca de 10% do valor total de movimentação.

- Itens classe C: são aqueles de baixo valor, que apesar de compreender cerca de 50% do total de tipos de itens, representam somente 10% do valor total de movimentação.

FELD (2000) apresenta o gerenciamento de materiais de acordo com a classificação ABC, propondo valores para o volume e o valor de cada item. A partir desta classificação, o autor sugere uma quantidade (ou tempo) em estoque para cada um dos itens. Esta classificação pode ser vista na figura 13:

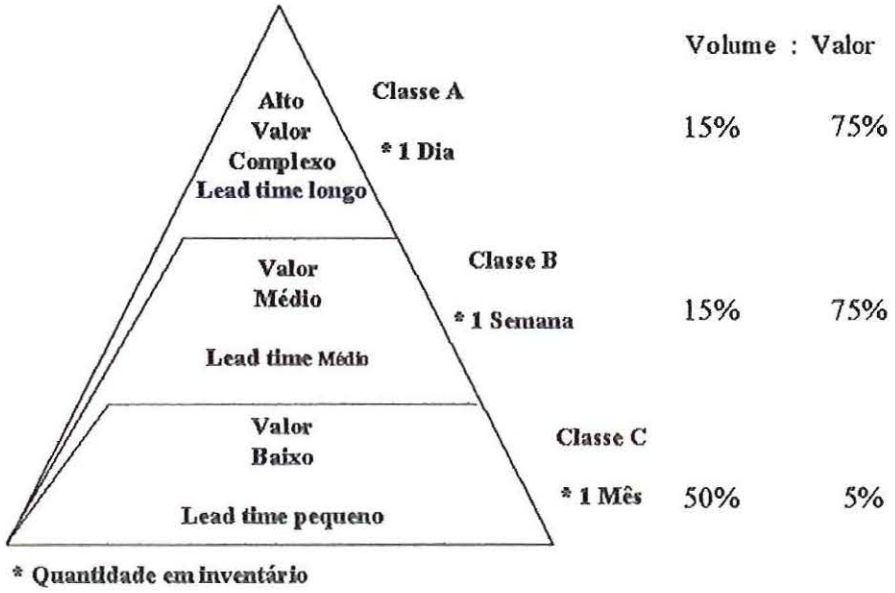


Figura 13: Gerenciamento de Materiais ABC (FELD, 2000)

Políticas de resposta à demanda: As políticas de produção para atendimento da demanda interna e externa podem ser classificadas em algumas categorias, tais como:

1. MTS (Make-To-Stock): neste tipo de política de atendimento, os itens são previamente estocados, com antecedência a qualquer pedido firme. Em geral, este tipo de política é empregada para itens com demanda previsível, de pequena variação, e produzidos em larga quantidade para justificar economias de escala.

2. *MTO (Make-To-Order)*: neste caso, não há estoques de produtos acabados, somente de matéria-prima, e a produção é iniciada somente mediante a ocorrência de um pedido firme por parte do cliente.

3. *RTO (Resource-To-Order)*: este tipo de política de resposta à demanda, não apresenta estoques nem de produtos acabados, nem de matéria-prima. Todo o processo de planejamento e controle da produção inicia-se somente após o requisito do cliente. Em geral, este tipo de política é adotada para itens altamente customizados, em que cada produto constitui-se um projeto individual.

4. *ATO (Assembly-To-Order)*: neste caso, existem estoques de alguns componentes intermediários, que são montados somente mediante solicitação firme do cliente. O sistema ATO apresenta resposta ao cliente mais lenta em relação ao sistema MTS (desde que o produto acabado solicitado esteja em estoque), e mais rápida do que o sistema MTO. O lead-time de entrega cliente é dependente da capacidade de processamento do fluxo pela etapa de montagem e submontagem dos componentes.

SLACK et al (1999) aponta que o tipo de política de atendimento da demanda determina o grau de "especulação" de uma operação produtiva, definido a partir da comparação do tempo total de espera dos consumidores, desde o pedido confirmado do produto ou serviço, até o seu recebimento. Na figura 14, *D* é o tempo transcorrido pela demanda e *P* é o tempo total do processo (obter os recursos, produzir e entregar o bem ou serviço).

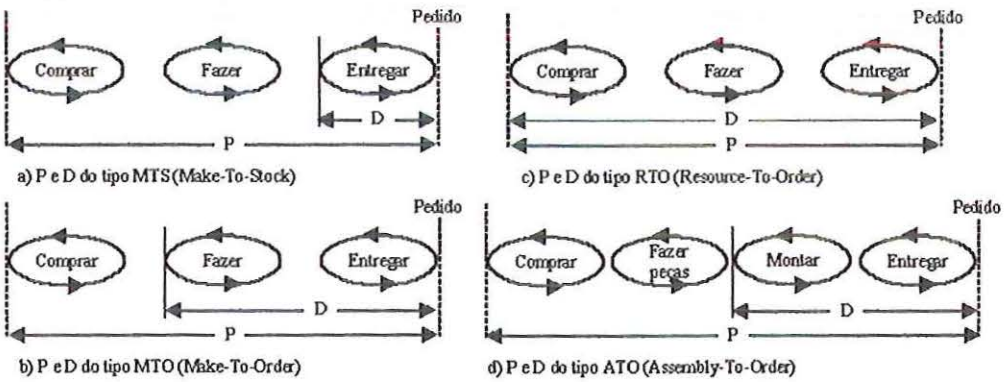


Figura 14: Processo (P) e Demanda (D) para os diferentes tipos de planejamento e controle (adaptado de SLACK et al, 1999)

Segundo SLACK et al (1999), a maioria das operações possui razões *P/D* diferentes para diferentes classes de produtos ou serviços. Em uma operação MTS, o tempo de demanda corresponde somente à operação de entrega, pequeno quando comparado ao ciclo total *P*. Em uma operação RTO, o tempo da demanda corresponde ao tempo transcorrido por todo o processo, e já na MTO, o ciclo correspondente à operação de compra de matéria-prima ocorre sem a existência prévia da demanda.

Portanto, uma das desvantagens da adoção de políticas do tipo MTS é o risco de o produto não ser consumido no prazo previsto, aumentando os custos relativos ao seu armazenamento, ou mesmo tornar-se obsoleto. Além disso, a performance deste tipo de política está diretamente relacionada à habilidade de previsão da demanda, respondendo de forma relativamente mais lenta a eventuais mudanças em suas características.

Limpeza e Organização (5S): LÉXICO LEAN (2003) apresenta o Cinco S's como cinco termos relacionados, começando com a letra S, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para o gerenciamento visual e para produção lean. Os cinco termos em japonês (e inglês) são:

- *Seiri (sifting)*: separar os itens necessários dos desnecessários, descartando os últimos. Aqueles itens que não são usados com freqüência devem ser retirados na área de trabalho, pois acabam atravancando o trabalho rotineiro;
- *Seiton (sorting)*: Organizar o que sobrou, um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar. Relaciona-se com a identificação dos itens que pertencem à área;
- *Seiso (sweeping)*: Limpeza. Toda área deve estar limpa, com nada faltando ou fora de seu devido lugar, ao final de cada turno;
- *Seiketsu (standardize)*: Padronização resultante do bom desempenho nos três primeiros Ss, tendo relação com a disciplina gerencial para institucionalizar as ações anteriores;

- *Shitsuke (sustain):* Disciplina para manter em andamento os quatro primeiros Ss. A gerência deve reforçar sempre a importância da manutenção do sistema, demonstrando liderança em suas ações como forma de exemplo.

Figura 15: Cinco S's (LÉXICO LEAN, 2003)

ANDRADE (2002) afirma que o processo de melhoria da qualidade nas organizações deve ser abordado de uma forma simples, não necessariamente requerendo ações e programas complexos. Nesse sentido, o Programa 5S tem sido implantado e adotado em muitas empresas.

FELD (2000) argumenta que a maioria das pessoas subestima a importância da segurança, ordem e limpeza no local de trabalho, e afirma que entre 25% e 30% de todos os defeitos de qualidade estão diretamente relacionados à este problema.

ANDRADE (2002) apresenta os objetivos da implantação do programa 5S, dentre os quais podemos destacar:

- Segurança: com um padrão adequado de organização, arrumação e limpeza do local de trabalho, reduzem-se os índices e as possibilidades de acidentes;

- Eficiência: uso correto de máquinas, ferramentas e equipamentos envolvidos no processo, bem como o cuidado com a manutenção dos mesmos;

- Redução de custos: redução de custos por meio da eliminação ou redução do re-trabalho, desperdícios de tempo, material, etc.;

O autor argumenta que o processo deve ser iniciado de cima para baixo (*top-down*) na organização, tendo a legitimidade fornecida pela alta gerência. Deve ser definido um gestor para coordenar todo o processo de implantação do programa. Nas etapas seguintes, será feito o treinamento dos envolvidos, formação de comitês que garantam apoio ao programa, que deve ser seguido de um esforço de manutenção e avaliação, com divulgação dos resultados obtidos.

Arranjo Físico: é a localização física dos recursos de transformação necessários à produção dos bens ou serviços, determinando a forma pela qual os recursos transformados fluem através da operação produtiva.

SLACK et al (1999) aponta algumas razões pelas quais as decisões de arranjo físico são importantes para a maioria dos tipos de produção:

- Arranjo físico é, freqüentemente, uma atividade difícil e de longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos;
- O re-arranjo físico de uma operação existente por interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou a perdas na produção;
- Se o arranjo físico (examinado *a posteriori*) está errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

A seguir serão apresentados, de forma sucinta, alguns tipos básicos de arranjo físico, bem como algumas de suas vantagens e desvantagens.

5. *Arranjo Físico Posicional*: neste tipo de arranjo físico os recursos transformados (clientes, materiais, etc.) não se movem, mas sim os recursos transformadores (equipamentos, operadores, instalações). Este tipo de arranjo é usado quando os recursos a serem transformados são muito grandes e de movimentação dispendiosa ou até mesmo impossível. Alguns exemplos de operações que utilizam este tipo de arranjo físico são: construção de rodovias, intervenções cirúrgicas, construção de grandes equipamentos como navios ou aviões, etc.

6. Arranjo Físico por Processo ou Funcional: é assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem

o processo na operação dominam a decisão sobre o arranjo físico. Processos similares (ou com necessidades similares) são localizados juntos um do outro (SLACK et al, 1999). Dessa forma, a utilização dos recursos pode ser beneficiada, desse modo, produtos percorrerão um roteiro, de processo a processo. Produtos diferentes terão roteiros diferentes, de acordo com suas necessidades, podendo apresentar padrão de fluxo bastante complexo.

MOREIRA (2001) afirma que este tipo de arranjo físico apresenta uma capacidade maior de adaptação à produção de um *mix* variado de produtos ou serviços. Além disso, os equipamentos utilizados são de "propósito geral", sem necessidade de projeto específico.

7. *Arranjo Físico em Linha ou por Produto*: neste caso, as máquinas são posicionadas de acordo com a seqüência de processos e operações pré-estabelecida. Ou seja, o material percorre um caminho previamente definido na operação produtiva. O fluxo de produtos, informações ou clientes é muito claro e previsível no arranjo físico por produto, o que faz dele um arranjo físico relativamente fácil de controlar (SLACK et al, 1999).

TOMPKINS et al (1996) destaca algumas vantagens e limitações da aplicação deste tipo de arranjo físico, na Tabela 4:

Tabela 4: Vantagens e Limitações do layout em linha (TOMPKINS, 1996)

Vantagens	Limitações
Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado.	Parada de máquinas resulta na interrupção de toda a linha.
Pouco trabalho e redução do inventário em processo.	Mudanças no projeto do produto podem tornar o arranjo obsoleto.
O tempo total de produção por unidade é baixo.	Estações de trabalho mais lentas limitam o trabalho da linha de produção.
A movimentação de material é reduzida.	Necessita de supervisão geral.
Não exige muita habilidade dos trabalhadores.	Resulta, geralmente, em altos investimentos em equipamentos.
Resulta num controle simples da produção.	Utilizam equipamentos para fins específicos, não de uso geral.

8. *Arranjo Físico Celular*: é aquele em que os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se para

uma parte específica da operação (célula), na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram (SLACK et al, 1999).

ROTHER & HARRIS (2002) definem célula como sendo um arranjo de pessoas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo (ou, em alguns casos, de forma consistente com lotes pequenos mantidos em toda a seqüência das etapas do processo).

O conceito de células de manufatura surge da necessidade de se estabelecer, na prática, uma visão ampla de todo o processo produtivo. Nesse conceito, não cabe a visão limitada de um simples "apertador de parafusos", mas a visão completa de um operador que além de "apertar parafusos", sabe qual a função e importância de cada parafuso no produto final (JUNIOR, 2001).

LOPES (1998) que o modo de formação das células de manufatura mais utilizado é o da tecnologia de grupo, em suas diferentes formas de aplicação. LORINI (1993) define tecnologia de grupo como uma filosofia que define a solução de problemas explorando semelhanças, para se obter vantagens operacionais e econômicas mediante um tratamento de grupo, buscando-se as vantagens da produção em massa para produção em pequenos lotes.

LORINI (1993) ainda apresenta quatro tipos diferentes de arranjos das células, que pode depender do tipo de processos utilizados na empresa, restrições de espaço físico, necessidade de mobilidade de máquinas e/ou operadores, etc; conforme pode ser observado na Figura 16.

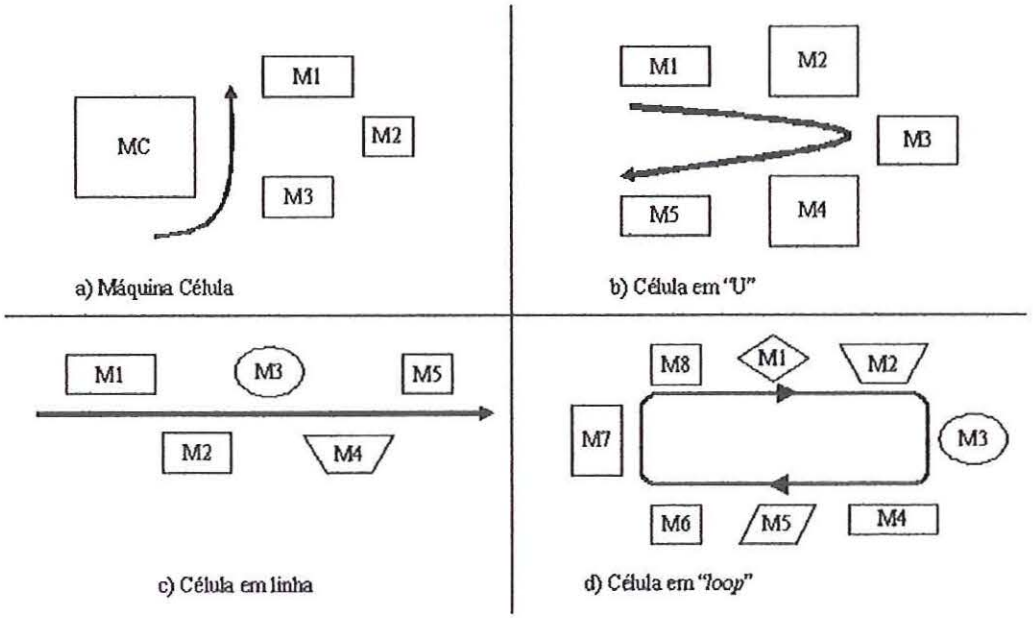


Figura 16: Forma de organização de máquinas em uma célula (LORINI, 1993)

A) Máquina Célula: é composta por uma única máquina com capacidade de produção elevada para ser colocada em um arranjo com outras máquinas, ou que foi dedicada para a produção de peças com fabricação simples, as quais se encontram completamente processadas após passarem por somente esta máquina.

B) Célula em "U": arranjo compreendido por diversas máquinas agrupadas de acordo com a seqüência de um determinado processo, posicionadas em formato de "U" a fim de permitir que os trabalhadores possam se deslocar dentro da área de trabalho para operar mais de uma máquina durante o ciclo de fabricação de uma dada peça, ou família de peças.

C) Célula em linha: disposição para arranjo de máquinas interligadas por transporte automático de peças, onde as peças, todas com processamento semelhante passam por todas as máquinas do agrupamento.

D) Célula em *"loop"*: disposição para arranjo de máquinas interligadas por transporte automático de peças, onde as peças, com algumas etapas de processo diferentes, não passam por todas as máquinas do agrupamento.

Segundo YOSHINAGA (1998), as células podem ser fixas (*"full-time"*), móveis (operadas de acordo com a variabilidade do *mix* de produtos

demandados) ou virtuais. Neste último caso, quando grandes máquinas ou instalações não podem ser posicionadas adequadamente em células reais, estabelece-se um fluxo de material em processo (preferencialmente contínuo), como se as máquinas estivessem próximas.

JUNIOR (2001) afirma que além das vantagens propiciadas pela redução da movimentação de materiais, tempo de espera e estoque em processo, o arranjo físico celular facilita a programação dos equipamentos e melhor aproveitamento da mão-de-obra na célula.

Outras vantagens associadas ao layout celular é a sua flexibilidade tanto de trabalho (por meio de operários multifuncionais) e de equipamentos (máquinas multifuncionais permitindo a produção de uma maior variedade de produtos). Isso pode ser atingível, mesmo com a aplicação de tecnologia básica, com custo de capital relativamente reduzido.

ROTHER & HARRIS (2002) apresentam algumas orientações para o layout celular, dentre as quais podemos destacar:

- coloque as máquinas e as estações de trabalho bem próximas para minimizar a distância percorrida;

- remova os obstáculos do caminho percorrido pelo operador;

- elimine espaços e locais onde o estoque de peças em processo possa se acumular;

- mantenha alturas apropriadas para locais de trabalho e pontos de uso;

- mantenha as ferramentas manuais tão próximas quanto possível do ponto de uso e as coloque na direção que são usadas pelos operadores;

- mantenha as etapas de trabalho manual baseadas no operador próximas umas das outras para permitir flexibilidade na distribuição dos elementos de trabalho e agregar valor ao trabalho do operador;

Na Tabela 5, SLACK et al (1999) apresenta algumas das mais significativas vantagens e desvantagens associadas a cada tipo básico de arranjo físico:

Tabela 5: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico (SLACK et al, 1999)

	Vantagens	*Desvantagens*
Posicional	Flexibilidade de mix e produto muito alta Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra	Custos unitários muito altos Programação de espaços e atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
Processo	Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
Celular	Pode dar um bom compromisso entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação de clientes e materiais conveniente	Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusta contra interupções Trabalho pode ser repetitivo

Operadores Multifuncionais: são aqueles operários que têm condições técnicas de cumprir diferentes rotinas de operações-padrão presentes em seu ambiente de trabalho.

TUBINO (1999) apresenta várias vantagens da multifuncionalidade dos operadores em relação ao sistema de trabalho mono-funcional, dentre as quais podemos destacar:

- maior comprometimento do operário com os objetivos globais do sistema produtivo, facilitando o entendimento das reais necessidades de seus clientes internos;

- redução da fadiga e do estresse devido a diversificação de atividades e operações;

- criação de um ambiente propício a troca de experiências, conhecimentos e habilidades entre os operadores;

- remuneração mais ajusta a partir do nível de habilidade e multifuncionalidade do operador;

A técnica de produção com operadores multifuncionais exige capacitação. Esse é um dos fatores principais para obtenção dos resultados esperados em sistemas produtivos que utilizam células de manufatura (JUNIOR, 2001).

JUNIOR (2001) apresenta algumas vantagens dos multifuncionais, principalmente no que se refere à redução de lesões causadas por esforços repetitivos. Outras vantagens apresentadas são:

- Torna o trabalho mais estimulante, pois estimula a criatividade, com certa variedade de atividades;
- Torna os operadores mais conscientes de sua tarefa como membros da organização e responsáveis pelo seu crescimento;
- Elevação cultural dos funcionários por meio da troca de informação e intensificação do treinamento interno, resultando em um quadro de pessoal mais eficiente;
- Estimula a participação nas decisões e o trabalho em grupo.

Com referência ao treinamento para a multifuncionalidade, JUNIOR (2001) apresenta um estudo de caso onde foi formulada uma matriz de qualificação dos operadores. Estes operadores foram submetidos a um treinamento diário "*on the job*", em todas as operações de uma célula piloto, durante um período de 4 semanas. Durante este período, os operadores mais experientes atuaram como instrutores e multiplicadores diretos do processo, conseguindo-se um índice de 97% dos operadores aptos à execução de todas as atividades nas células designadas.

O desenvolvimento do treinamento e o plano de capacitação dos operadores pode ser feito por meio de uma Matriz de Capacitacação, como a mostrada na Figura 17, a seguir:

	MATRIZ DE CAPACITAÇÃO					
	Operação 1 Corte	Operação 2 Fresa	Operação 3 Solda	Operação 4 Dobra	Operação 5 Acabamento	Operação 6 Teste
João	●	◉	●	○	◉	⟋
Paulo	◉	●		●	○	
Sérgio		○		◉	●	◉
Ricardo	⟋		○		○	●
Leonardo	⟋		○			●

⟋ Restrito ○ Em treino ◉ Treinado ● Pode treinar outros

Figura 17: Matriz de Capacitação

Dessa forma, adequando-se operários multifuncionais a um arranjo celular, podemos ter diferentes configurações de padrão de trabalho para cada operador. Essa configuração pode ser modificada de acordo com a necessidade de mercado, bem como melhor alocação de recursos, de acordo com o apresentado na figura 18.

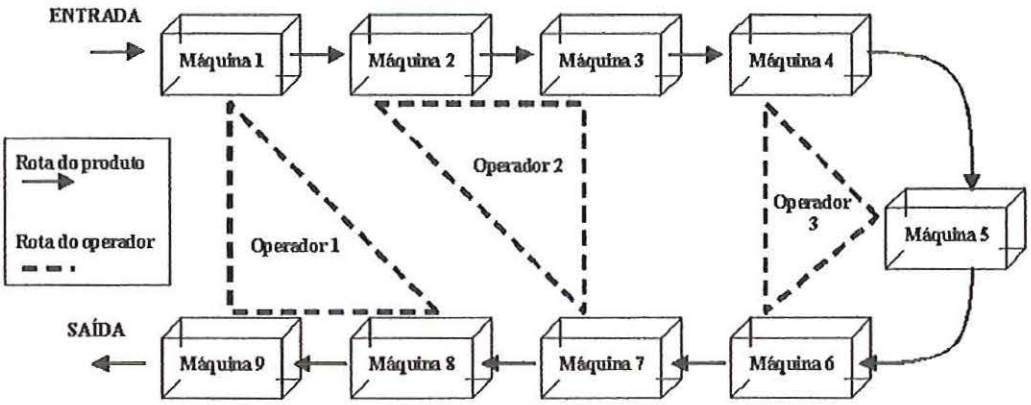


Figura 18: Células de manufatura e trabalhadores multifuncionais.

KARLSSON & AHLSTRÖM (1996) afirmam que o surgimento de um novo modelo de remuneração é importante, de forma a promover a flexibilidade. Os autores apresentam algumas métricas relacionadas aos times multifuncionais para o alcance de uma produção enxuta. Algumas delas são: percentagem de trabalhadores trabalhando em times, número de tarefas do fluxo do produto feitas por times, a freqüência com que os empregados mudam de tarefas (continuamente, toda hora, todo dia, todo mês, todo ano), número de tarefas nas quais cada empregado é treinado, assim como outras métricas de treinamento de pessoal.

Ergonomia e *Empowerment*: a ergonomia se preocupa com os aspectos fisiológicos da interação entre o corpo humano e o ambiente. A ergonomia envolve um estudo de como os trabalhadores reagem ao ambiente imediato (temperatura, iluminação, nível de ruído) e ao arranjo do local do trabalho (mesa, equipamentos, cadeiras, etc.).

Segundo SLACK et al (1999) duas idéias comuns permeiam a abordagem ergonômica do projeto do trabalho:

- A primeira idéia é que deve haver uma adequação entre pessoas e o trabalho que elas fazem. Para atingir essa adequação há somente duas alternativas. Ou o trabalho pode ser adequado às pessoas que os fazem ou, alternativamente, as pessoas podem ser adequadas ao trabalho. A ergonomia direciona para a primeira alternativa.
- O segundo tema que vem com a ergonomia é a coleta de dados, tentando tomar uma abordagem "científica" ao projeto do trabalho, de modo que coleciona dados para indicar como as pessoas reagem sob diferentes condições de projeto de trabalho e tenta encontrar o melhor conjunto de condições de conforto e desempenho.

JUNIOR (2001) cita como principais causas das Lesões por Esforços Repetitivos (LER) ou Doenças Ocupacionais Relacionadas ao Trabalho (DORT):

- Ferramentas, mobiliário e instrumentos de trabalho impróprios, em desacordo com as características físicas do trabalhador, favorecendo a manutenção de posturas inadequadas;
- Conteúdo das tarefas: monótono, extremamente fragmentado exigindo esforços repetitivos;
- Organização do trabalho: ajuste rígido do fluxo de trabalho, pouca autonomia do trabalhador, ritmos acelerados, pressão do tempo, tensão entre as chefias e equipes hierarquia rígida, horas extras, ausência de pausas;

Algumas das ferramentas *lean* apresentadas ajudam eliminar ou minimizar algumas das causas associadas à LER ou à DORT. Algumas ferramentas e técnicas aqui apresentadas, bem como a filosofia gerencial que permeia a produção enxuta, busca uma conotação diferente da tradicional visão mecanicista do trabalhador. Dentre estas ferramentas podemos destacar a programação e gestão visual, arranjo físico celular, balanceamento da carga de trabalho com o ritmo demandado pelos clientes, etc.

Dentre estas ferramentas, JUNIOR (2001) destaca a importância dos benefícios da multifuncionalidade do operador, e sua aplicação em células de manufatura auto-gerenciáveis, como uma forma de reduzir a fadiga e o estresse por meio da diversificação de ações e atribuições. Eliminam-se repetições excessivas, e a

rotina de atividades-padrão torna-se menos monótona, e ao mesmo tempo estimulante pela variedade de tarefas envolvidas.

Empowerment pode ser entendida como uma ferramenta de gestão que dá poder e autonomia aos colaboradores no intuito de que eles participem ativamente das decisões e proponham soluções.

Segundo ZIMMERMANN et al (2000), na aplicação do *empowerment*, a responsabilidade da tomada de decisão é transferida dos supervisores para os funcionários, baseados em um trabalho de equipe.

Empowerment é, usualmente, considerado como sendo mais do que autonomia, que significa dar ao pessoal *habilidade* de mudar o modo como fazem seu trabalho. *Empowerment* significa dar ao pessoal a *autoridade* para efetuar mudanças no trabalho em si, assim como na forma como é desempenhado (SLACK et al, 1999).

Uma organização precisa estar ciente de que não basta dar poder aos funcionários, é preciso que conheçam bem o trabalho, tenham recebido treinamento e sejam recompensados por seus esforços. Só assim consegue-se o "*empowered state of mind*" permitindo aos funcionários, maior consciência do seu papel na organização, maior liberdade de ação e percepção do *link* entre esforço e recompensa (ZIMMERMANN et al, 2000).

Controle Visual: LÉXICO LEAN (2003) apresenta o gerenciamento visual como a colocação, em local de fácil visualização, de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo que a situação do sistema possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos.

O controle visual indica como está o fluxo de material, qual operação está sendo feita e qual será a próxima a ser feita. Tudo fica exposto, de forma sinalizada, documentado e informado.

As áreas de controle visual permitem ao gerente caminhar pelo chão-de-fábrica e, em questão de minutos, saber o status da operação. Um aspecto chave do controle visual é a exibição de indicadores de desempenho que todos vejam e compreendam.

É importante que cada indivíduo perceba como está o desempenho de sua área em relação ao que foi planejado, adquirindo responsabilidade por aquele desempenho, e saber como melhorar a performance (FELD, 2000);

O LÉXICO LEAN (2003) destaca o **Andon,** uma ferramenta de gerenciamento visual que mostra o estado das operações em uma área e avisa quando ocorrer algo de anormal. Um *andon* pode indicar o status da operação, anormalidades, e ações necessárias (como necessidade de trocas), conforme sugere a figura 19.

Lâmpadas podem corresponder às estações de trabalho ou máquinas, acendendo quando um problema é detectado pelo operador (puxando uma corda ou apertando um botão) ou por um sensor. O acionamento exige uma reação rápida do líder da equipe.

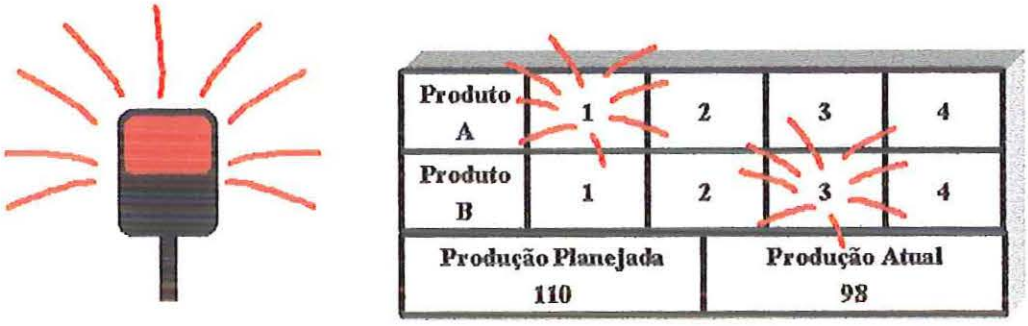


Figura 19: Exemplos de *andon's* (LÉXICO LEAN, 2003)

Padronização e Simplificação das Operações: A padronização das atividades da produção, e principalmente das operações, é uma ferramenta muito importante, que possibilita aos operadores gerenciarem de forma sistemática as várias etapas do processo produtivo no qual que estão inseridos (JUNIOR, 2001).

O estudo do método é o registro sistemático e o exame crítico dos métodos existentes e propostos de fazer o trabalho, como um meio de desenvolver e aplicar métodos mais fáceis e mais eficazes e reduzir custos (SLACK et al, 1999).

A abordagem do estudo do método é composta pelos seguintes passos:

1. *Selecionar o trabalho a ser estudado*: é a seleção de quais atividades e tarefas discretas serão estudadas, escolhendo aquelas que ofereçam maior escopo para melhorias;

2. *Registrar o método atual*: é o registro dos fatos relevantes do método vigente, registrando a seqüência de atividades no trabalho, o inter-relacionamento temporal das atividades e, até mesmo, a trajetória de movimento. É o ponto inicial do qual partem análises críticas para a melhora do método;

3. *Examinar os fatos*: é o exame crítico e completo de todo o método atual, expondo suas razões de ser, de forma a possibilitar a identificação de pontos passíveis de melhoria. São levantados os propósitos de cada elemento, o local onde é feito, a seqüência em que cada elemento é feito, a pessoa e os meios de como o faz;

4. *Desenvolver um método*: após o exame detalhado dos métodos e fatos atuais, levantam-se idéias na tentativa de melhoria do método. Pode-se eliminar partes inteiras de atividades, combinar elementos, mudar a seqüência de eventos, etc., na tentativa de simplificação do conjunto total de atividades;

5. *Instalar o novo método*: a partir deste ponto, faz-se necessária a implantação do novo método, bem com a revisão periódica de sua operação na busca por melhorias incrementais e contínuas.

NUNES (2001) apresenta alguns pontos chaves da padronização, dentre os quais podemos destacar:

- Representa o melhor meio de realizar um trabalho;
- Possibilita preservar o conhecimento do saber fazer (*know-how*), com padrões específicos que garantam a continuidade do conhecimento na organização, mesmo com a saída de empregados;
- Facilita e fornece meios para a medição de desempenho;
- Fornece uma base para a manutenção e melhoria;
- Fornece objetivos e possibilita fixar metas de treinamento;
- Possibilita a criação de uma base como meio de diagnosticar, prevenir e minimizar a reincidência de erros;

Segundo JUNIOR (2001), a padronização permite que operadores diversos executem uma determinada tarefa, de modo a obterem-se resultados estáveis ao longo do tempo. Este autor ainda afirma que a padronização permite a criação de

um modelo de previsibilidade aceitável em termos de execução das atividades, sendo ponto fundamental para obtenção de repetibilidade do processo e do produto.

A simplificação de produtos, processos e componentes vêm de encontro e faz parte complementar de outras iniciativas como a redução dos tempos de troca (T/R), padronização das operações, multifuncionalidade da força de trabalho, etc. Além disso, a simplificação visa a diminuição de desperdícios como tempos de teste, posicionamento e ajuste de peças e ferramentas (partes componentes do tempo de troca, por exemplo), diminuindo os índices de refugo.

2.4. Mapeamento do Fluxo de Valor

O LÉXICO LEAN (2003) define o mapeamento do fluxo de valor (MFV) como um diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega.

Os mapas do fluxo de valor são desenhados em diferentes momentos, a fim de revelar as oportunidades de melhoria (estado atual, estado futuro e estado ideal – em alguns casos).

Segundo RENTES (2000), o mapeamento pode servir como um catalisador para a análise do processo, possibilitando um compartilhamento do conhecimento sobre o processo como um todo com todos os seus componentes. Além disso, permite a identificação de pontos a serem melhorados, auxiliando o alcance de um consenso entre os elementos participantes sobre os pontos específicos passíveis de melhoria.

FERRO (2003) afirma que o MFV compõe uma ferramenta capaz de olhar para os processos de agregação de valor horizontalmente, enfatizando as atividades, ações e conexões no sentido de criar valor e fazê-lo fluir desde os fornecedores até os clientes finais.

ROTHER & SHOOK (1999) apresentam uma série de afirmações sobre porque o MFV é importante, dentre as quais podemos destacar:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, enxergando o fluxo como um todo;

- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios, mas também as fontes destes desperdícios;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possam ser discutidas.
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

Abaixo, temos a representação de um MFV:

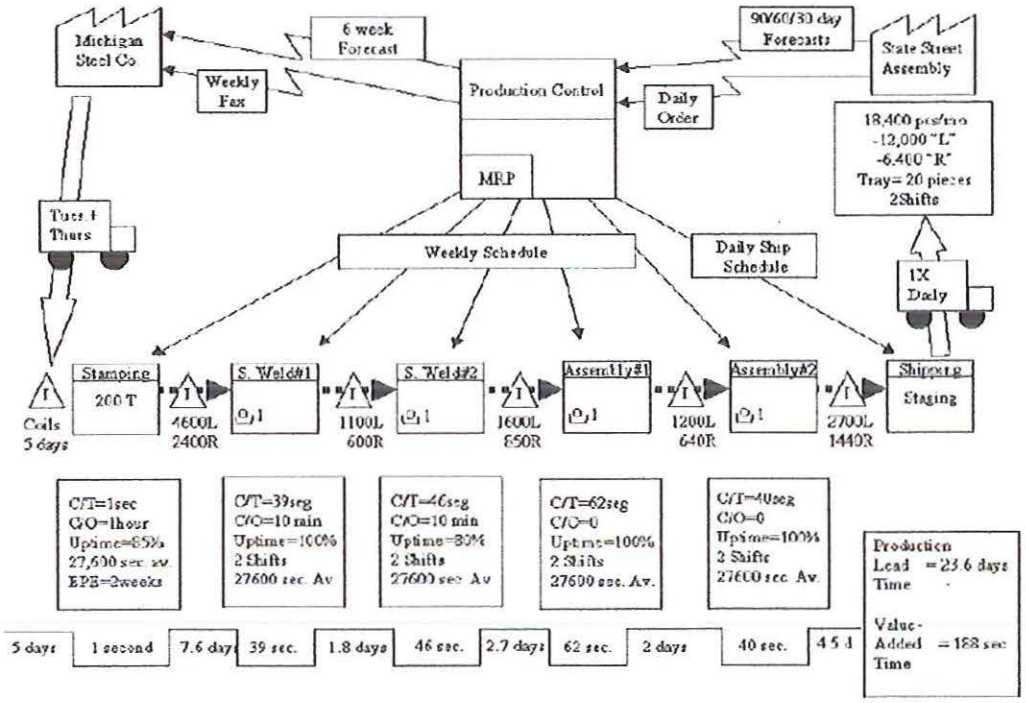


Figura 20: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1999)

Alguns ícones (alguns deles presentes na figura acima) são usados na construção do MFV. A figura 21, a seguir, mostra alguns destes ícones pré-definidos para a técnica de MFV, contudo, outros ícones podem ser criados pela equipe de projeto para situações peculiares.

Figura 21: Alguns ícones definidos para Mapeamento do Fluxo de Valor.

O fluxo de informação representa o movimento da informação dos requisitos dos clientes até os pontos onde a informação for necessária para direcionar cada etapa do processo.

Empresas baseadas nos princípios da produção em massa, possuem fluxo de informação, normalmente, paralelas: previsões, programações, ordens de entrega, etc. normalmente são enviadas a cada etapa do processo. O conceito de produção enxuta tem por objetivo a simplificação, também, dos fluxos de informação procurando estabelecer pontos únicos de programação para a produção e definir loops puxados de informação.

O fluxo de material representa a movimentação física de itens ao longo do fluxo completo de valor. Na produção em massa, os produtos vão até processos centralizados, em grandes lotes, por meio de uma programação empurrada. Na produção enxuta, as etapas de processo para diferentes famílias de produtos são movimentadas ao mesmo tempo, sempre que possível, em uma seqüência bem definida de processos, de modo que quantidades pequenas do produto possam fluir diretamente de etapa a etapa, a partir da puxada do próximo processo fluxo abaixo e do cliente final (LÉXICO LEAN, 2003).

Outro componente do Mapa do Fluxo de Valor é a **linha do tempo**, que é posicionada abaixo das caixas de processos e dos triângulos de estoque para registrar o lead time de produção, o tempo que leva uma peça para percorrer todo o caminho no chão-de-fábrica, começando com a sua chegada como matéria-prima até a liberação para o cliente.

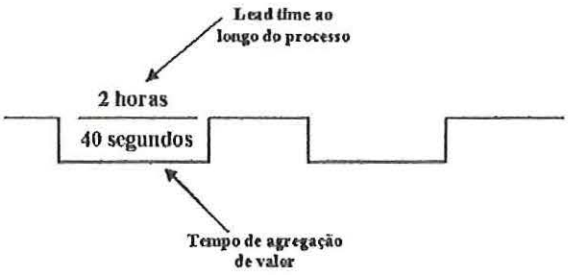


Figura 22: Linha do tempo (ROTHER & SHOOK, 1999)

ROTHER & SHOOK (1999) argumentam que o uso da ferramenta deve ser feito a partir do desenho do estado atual, feito a partir da coleta de informações no chão-de-fábrica, para cada família de produtos.

A partir das informações contidas no MFV atual, desenvolve-se um desenho do estado futuro. No entanto, o desenho do estado atual e futuro não ocorrem de forma totalmente separada e seqüencial.

Por fim, deve-se elaborar um plano de trabalho e implementação para o alcance da situação futura projetada.

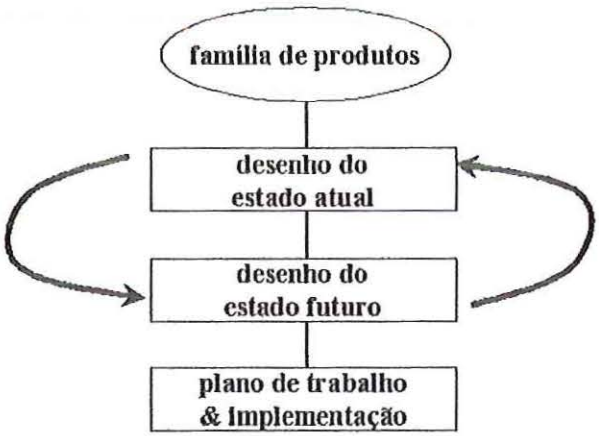


Figura 23: Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER & SHOOK, 1999)

2.4.1 Estado Atual e Situação Futura

A primeira etapa para o mapeamento do fluxo de valor atual é selecionar a(s) família(s) de produtos que serão mapeadas. O processo de seleção de famílias já foi comentado no item 2.3 deste trabalho.

Em seguida devem ser identificadas as necessidades dos clientes que devem ser representados, juntamente com sua correspondente caixa de dados no canto superior direito do mapa.

Deve-se especificar qual é a demanda para a família de produtos mapeada, quantas peças diferentes são feitas, a freqüência de entrega, o tamanho da embalagem (lote de entrega) e outras informações que forem relevantes, de acordo com a especificidade dos clientes e produtos.

Em seguida, todos os processos devem ser identificados, usando-se uma **caixa de processo** para indicar um processo no qual o material está fluindo. A caixa de processo envolve aquelas atividades, idealmente, feitas em fluxo contínuo, sendo separadas sempre que o fluxo de material for interrompido.

Os dados típicos para o mapeamento dos processos são tempo de ciclo, tempo de troca, tempo de operação efetivo, tamanho dos lotes de produção, número de operadores envolvidos no processo, tamanho da embalagem, tempo de trabalho, taxa de refugo, etc. Novamente, outros dados podem ser inseridos sempre que as características do processo assim os tornarem relevantes.

Entre os processos, deve-se identificar o mecanismo de programação que pode ser empurrada, puxada, seqüenciada (FIFO), ou fluxo contínuo.

O próximo passo é a identificação da localização e da quantidade média de estoques, em número de peças e dias, tomando como base a média de consumo. Estes pontos são importantes, pois indicam onde o fluxo de material está parando, e o ícone usado para estoques é o triangulo.

Os lead times (em dias), para cada triângulo de estoque, são calculados dividindo-se a quantidade em estoque pelos pedidos diários do cliente. Ao adicionar o lead time em cada processo e em cada triângulo do estoque no fluxo de material, temos uma boa estimativa do lead time total da produção (ROTHER & SHOOK, 1999).

Deve ser adicionado ao mapa o fluxo de informação, desenhado da direita para a esquerda, na parte superior do mapa. Nele estão representadas a forma de programação dos processos, a freqüência com que são encaminhadas ordens e solicitações, bem como envio de previsões (de compra, venda, requisição, etc.). A seguir, são identificadas as relações entre o fluxo de informação e o fluxo físico (processos, fornecedores e clientes) que devem ser traçados no mapa.

ROTHER & SHOOK (1999) estabelecem uma série de diretrizes a serem seguidas para elaboração do mapa da situação futura. As diretrizes propostas pelos autores são:

1. **Produzir de acordo com o takt time**: a idéia é fazer com o ritmo de produção acompanhe o ritmo das vendas. Produzir de acordo com o takt time requer esforços concentrados para fornecer resposta rápida para problemas, eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas e eliminar tempos de troca em processos posteriores;

2. **Desenvolver um fluxo contínuo onde possível**: a idéia é fazer com que cada item processado seja transferido imediatamente ao estágio posterior, sem nenhuma interrupção. Com isso, reduz-se o tempo de espera, o tempo total de fabricação (as peças não precisam esperar até que todo o lote seja concluído), entre outros desperdícios.

3. **Usar supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não foi possível**: os supermercados são utilizados para associar a programação destes processos à demanda dos processos posteriores. O supermercado, em geral, é controlado por meio de um sistema kanban, que determina o fluxo de materiais.

4. **Enviar a programação do cliente para um único processo de produção**: como todos os processos estarão interligados (pelo sistema de programação puxada), as ordens de produção não precisam ser enviadas a todos os processos, mas somente ao processo puxador que determinará o ritmo de produção dos demais processos e a velocidade de resposta do sistema.

5. **Distribuir uniformemente a produção de diferentes itens ao longo do tempo**: é importante salientar que o nivelamento do *mix* de produção é importante para trazer a flexibilidade necessária ao sistema e permitir a redução dos

estoques pela redução do tamanho do lote de processamento. Contudo, a freqüência de tempo desta distribuição (TPT) dependerá do tempo de processamento total de todos os itens que passam pelo processo, bem como do tempo de troca despendido.

6. **Criar uma "puxada inicial" com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme incremento de trabalho no processo puxador**: o objetivo é estabelecer um ritmo de produção consistente, nivelado, criando um fluxo de produção previsível que alerte para os problemas de forma que ações corretivas possam ser tomadas rapidamente. O incremento de trabalho liberado é chamado de **pitch**, que é baseado na quantidade de embalagens no contêiner, ou um múltiplo, ou fração daquela quantidade.

7. **Desenvolver a habilidade de fazer toda parte todo dia nos processos anteriores ao processo puxador**: no mesmo sentido da diretriz número cinco, esta visa o nivelamento da produção. No entanto, com foco nos processos controlados por algum tipo de supermercado puxado via kanban, em geral utilizando-se o quadro de programação nivelada (*Heijunka Box*), já apresentado anteriormente.

Estas diretrizes foram transformadas em questões-chave para o estado futuro (ROTHER & SHOOK, 1999):

1. Qual é o *takt time*?
2. A produção será realizada para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para expedição?
3. Onde é possível implementar o fluxo unitário de peças?
4. Onde será necessária a utilização de supermercados de produção para o controle dos processos anteriores?
5. Em que ponto da cadeia produtiva será programada a produção?
6. Como o mix de produção será nivelado?
7. Quais quantidades de incremento de trabalho serão liberados, e com qual freqüência no processo puxador?
8. Quais melhorias serão necessárias para que os processos comportem-se como o projeto do estado futuro?

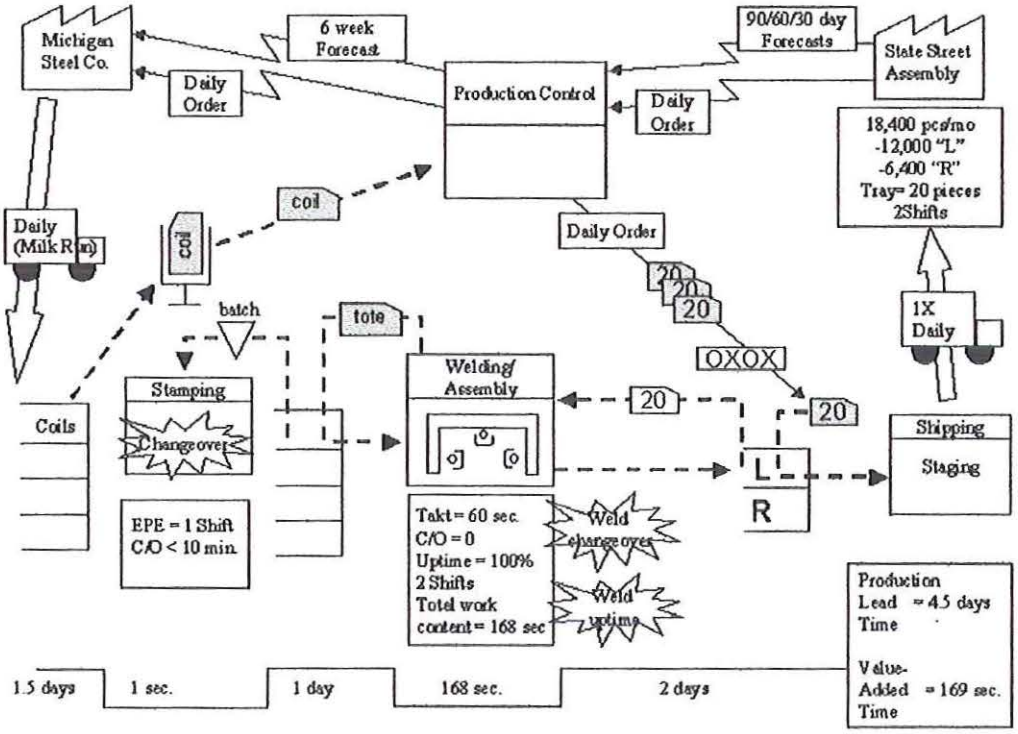


Figura 24: Exemplo de mapa da situação futura (ROTHER & SHOOK, 1999)

2.4.2 Implementação com base no Mapa do Fluxo de Valor

FERRO (2003) afirma que embora as ferramentas de produção enxuta, em especial o MFV, têm ajudado muitas empresas a moverem-se de melhorias pontuais para uma eficiência sistêmica. No entanto, ainda encontram-se algumas inadequações em seu uso, bem como resultados obtidos abaixo daqueles esperados, em grande parte devido à falhas no processo de implementação das melhorias proposta.

SMEDS (1994) afirma que a reorganização da manufatura de acordo com os princípios de produção enxuta pode disparar uma mudança organizacional radical, com uma nova estrutura, estratégia e cultura. O gerenciamento da demanda inicia-se a partir de uma visão estratégica seguida de fases como: análise e modelagem do estado atual, identificação de problemas e oportunidades, experimentos e escolha do estado futuro, implementação da mudança e estabilização do novo modelo de operação.

Mapear todos os fluxos de valor de uma organização pode ser um exercício relevante. Mas, muito mais importante e, em verdade, a única coisa que

importa é a ação concreta na implementação dos estados futuros definidos (FERRO, 2003).

A análise do estado atual é uma tarefa que deve ser promovida e realizada pelos agentes de mudança e gerentes, analisando-se as estratégias do negócio de acordo com as características "enxutas".

Podemos citar alguns itens de forma a balizar o curso de trabalho, desde o mapeamento e levantamento de dados referentes à situação atual, até o desenvolvimento e completa implementação de uma situação futura viável, consistente com os conceitos de manufatura enxuta:

- Produção orientada para fluxo específico de família de produtos;
- Taxa de produção de acordo com as necessidades dos clientes;
- Fluxo contínuo sempre que possível;
- Produção puxada sempre que fluxo contínuo for impossível;
- Padrão ATO (*Assembly-to-Order*), ao invés do padrão MTO ou MTS;
- Trabalhadores multifuncionais e empowerment nas células de produção;
- Fluxo contínuo, ou produção puxada, estendida aos fornecedores;

Obviamente, estas orientações podem variar de acordo com diversos fatores, como o setor industrial analisado, o nível de produção da indústria, o tipo de produção e outras especificidades.

HERZOG (2003) apresenta, por exemplo, a utilização do modelo de produção enxuta e seus conceitos, como a eliminação de desperdícios, também em processos administrativos. Neste caso, os desperdícios presentes na situação atual são menos tangíveis que no ambiente de fábrica. Alguns desperdícios são relatórios gerados em duplicidade, excesso de relatórios nunca analisados, números incorretos, descontinuidade de informações, etc.

Nos casos descritos por HERZOG (2003) a aplicação dos conceitos resultou na redução no tempo de recrutamento, seleção e treinamento de operadores,

aumento da confiabilidade e precisão de informações contidas em balancetes; e redução do tempo médio de espera para cotação de pedidos.

SMEDS (1994) propõe um modelo genérico de gerenciamento da mudança na direção de uma empresa enxuta.

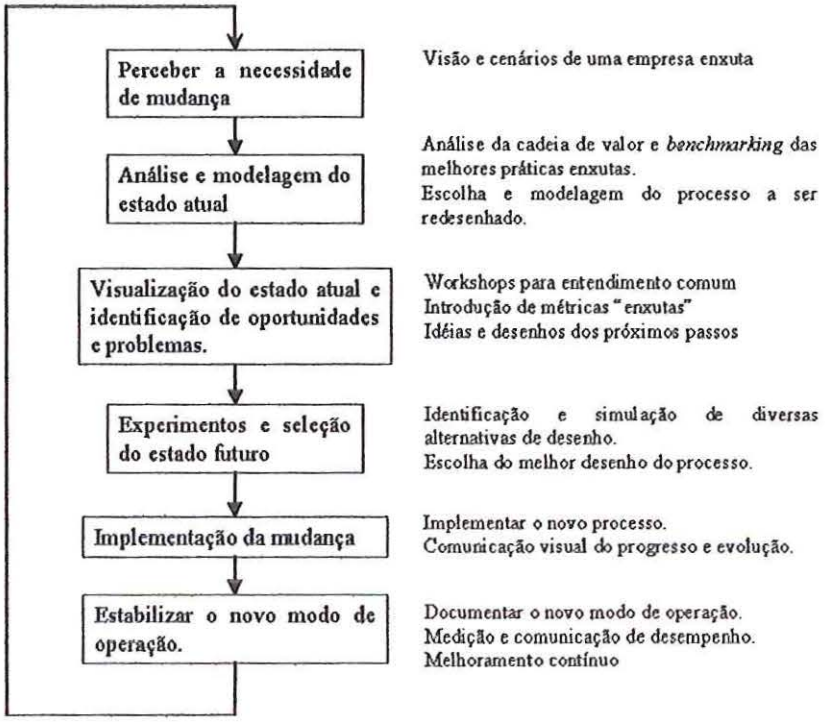


Figura 25: Modelo genérico para alcance de uma empresa enxuta (SMEDS, 1994)

A elaboração de um **plano de implementação** é uma parte importante antes de iniciar-se a implantação de um novo processo. ROTHER & HARRIS (2002) apontam que um plano de implementação deve conter as razões para as melhorias do processo, um resumo das condições atuais e futuras, um programa de implementação e um lugar para registrar as metas quantitativas e os resultados.

Segundo SMEDS (1994), após a fase de projeto, a implementação do novo modelo de operação deve ser controlável tanto pelos gerentes como pelos empregados. Os gerentes necessitam de *feedback* e informações sobre o progresso do processo de mudança, e os empregados precisam ter sua motivação preservada e ampliada durante todas as fases do projeto.

ROTHER & HARRIS (2002) afirmam que o mais importante do planejamento da implementação não é criar o plano, mas usá-lo regularmente para medir o progresso e apontar os problemas. Os gerentes devem estar interados a respeito dos objetivos e das metas, além de rever o processo em uma base regular para avaliar eventuais problemas que possam estar afetando o cumprimento das metas. Nesta fase de controle da implementação, estes problemas devem ser prontamente combatidos de forma a obterem-se os resultados esperados.

YOSHINAGA (1998) propõe a realização das seguintes etapas para implantação da manufatura celular, dentre as quais podemos destacar:

1. Conscientização e treinamento para direção, gerência e demais colaboradores, incluindo visitas a outras fábricas e unidades;
2. Comprometimento e envolvimento das pessoas em equipes para transmitirem sugestões e idéias;
3. Seleção de famílias;
4. Designar e analisar as máquinas em função da operação da célula;
5. Dimensionamento de necessidade de operação de máquinas e recursos;
6. Estabelecimento do arranjo físico das máquinas e recursos;
7. Alocação gráfica dos tempos de máquinas e do homem em função do tempo de ciclo;
8. Determinar a época e o prazo para a mudança;
9. Acompanhamento *in-loco*, por um certo tempo, para solução de eventuais problemas;

FERRO (2003) faz uma série de sugestões para implementação e alcance dos estados futuros desenhados, dentre as quais podemos destacar:

- Focalize esforços nos fluxos de valor que tenham como núcleo o objetivo no negócio;
- Entenda não apenas os problemas da situação atual, mas também porque eles ocorrem;
- Definia metas de melhoria para as famílias de produtos escolhidas;

- Defina e busque o consenso sobre um estado futuro que possa ser alcançado em um período de seis meses a um ano, com poucos investimentos;
- Defina e implemente um plano de ação com claras responsabilidades, tarefas e metas a serem atingidas;

ROTHER & SHOOK (1999) propõem a divisão do programa de implementação em etapas, uma vez que, na maioria dos casos, não é possível implementar o de estado futuro totalmente de uma só vez. Dessa forma, os esforços de implementação do estado futuro são divididos em partes administráveis.

Os autores propõem a divisão do MFV do estado futuro em segmentos (*loops*) como:

***Loop* Puxador**: inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e o seu processo puxador. É o *loop* mais próximo do final, e a forma de gerenciamento deste *loop* impacta todos os processos anteriores àquele no fluxo de valor.

***Loops* adicionais**: são os *loops* antes do *loop* puxador, ou seja, cada supermercado do sistema puxado, normalmente, corresponde ao final de outro *loop*.

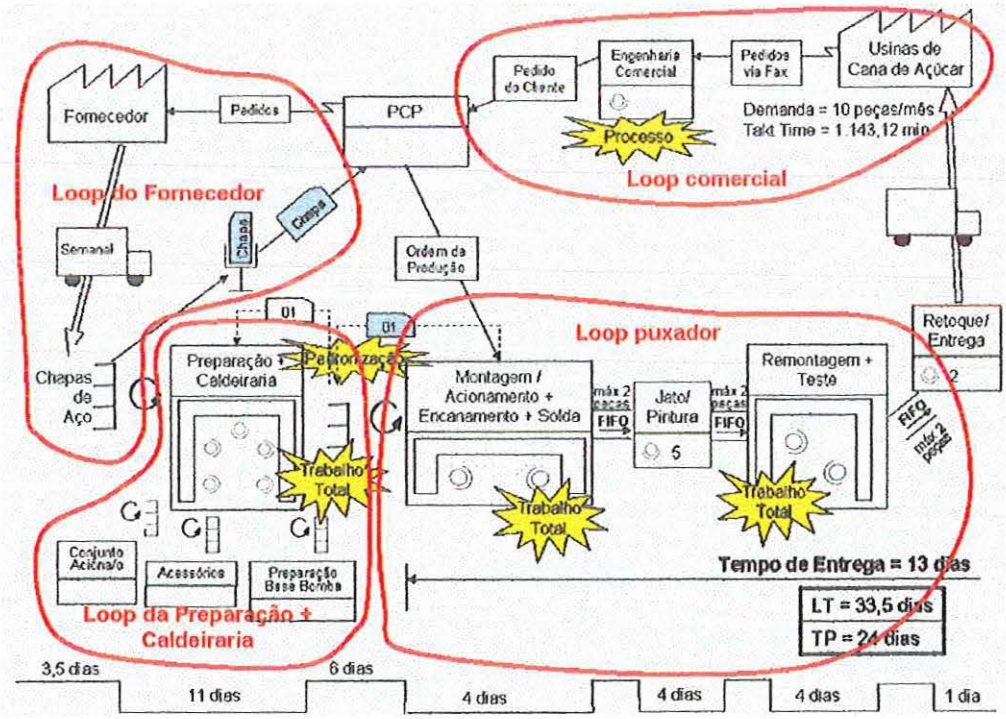


Figura 26: *Loops* de um Fluxo de Valor

O padrão para as melhorias em um loop, apresentado por ROTHER & SHOOK (1999) é:

1. Desenvolver um fluxo contínuo que opere baseado no *takt time*;
2. Estabelecer um sistema puxado para controlar a produção.
3. Introduzir o nivelamento;
4. Praticar *kaizen* continuamente para eliminar desperdício, reduzir o tamanho dos lotes, encolher supermercados e estende o alcance do fluxo contínuo.

Para cada família de produtos é, então, desenvolvido um plano de implementação, com ações, metas e programação para cada um dos *loops* definidos, com revisões freqüentes e responsabilidades claramente definidas.

É importante lembrar que, uma vez que o foco organizacional passa dos departamentos para as famílias de produtos, um novo conjunto de indicadores de desempenho, para as equipes responsáveis por estas famílias, precisa ser desenvolvido. Este sistema, possivelmente, incluirá métricas tais como *lead time*, espaço utilizado, movimentação de pessoal e bens, percentagem e grau de falhas e defeitos, etc.

Obviamente, estas métricas diferem de uma organização para outra (podendo ser diferentes, inclusive entre famílias), de forma a encorajar o comportamento desejado dos operadores e suprir as necessidades de informação para a tomada de decisão, e uma real avaliação da situação do sistema, por parte de seus administradores.

2.5. Comentários e Conclusões sobre a Revisão Bibliográfica

No capítulo apresentado, pudemos destacar as ferramentas dos Processos de Raciocínio da TOC, bem como o referencial teórico sobre algumas ferramentas dos Sistemas de Produção Enxuta.

No capítulo seguinte, apresentaremos o desenvolvimento do método proposto que fará uso das ferramentas do PR da TOC, juntamente com o método do Mapeamento do Fluxo de Valor.

Em particular, será proposto um modelo de diagnóstico da Situação Atual e de Desenvolvimento da Situação Futura utilizando-se destas ferramentas de forma complementar. A partir disto, será proposto um modelo de implementação, que deverá conduzir a ações específicas para a efetiva implementação da Situação Futura desenvolvida.

3. DESENVOLVIMENTO DO MÉTODO

Já foram mencionadas e apresentadas uma série de práticas, técnicas e ferramentas, contidas nas aplicações de Produção Enxuta, no sentido da eliminação de desperdícios no sistema produtivo.

Apesar dos grandes resultados obtidos por várias empresas, diversos autores, como WOMACK & JONES (1996), FELD (2000), NAZARENO & RENTES (2001), IRANI (2001), entre outros, apontam falhas no processo de implementação e conceituação de sistemas de produção enxuta.

Entre estas falhas, podemos citar a aplicação isolada de técnicas, a falta de um direcionamento claro e uma forma de conduzir a implementação, além das próprias limitações inerentes a cada uma das práticas e ferramentas.

Este trabalho propõe a utilização das ferramentas presentes nos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições, de forma a abordar os componentes (técnicas, ferramentas e conceitos) de forma sistêmica e integrada.

Neste contexto, o método proposto objetiva a identificação e busca de relacionamentos lógicos para implementação das técnicas e ferramentas utilizadas em sistemas produtivos, conjuntamente com as ferramentas do PR da TOC, de forma a auxiliar os agentes de mudança no desenvolvimento e implementação de sistemas de produção enxuta e híbridos.

Na figura 27, a seguir, temos uma visão geral preliminar do método proposto. Como vemos na figura, foram apresentados os conceitos principais e ferramentas relacionadas à Teoria das Restrições e à Produção Enxuta.

O método proposto fará uso das ferramentas do PR da TOC, particularmente a ARA e a ARF; e do Mapa do Fluxo de Valor, para o diagnóstico da situação atual e para o desenvolvimento da Situação Futura.

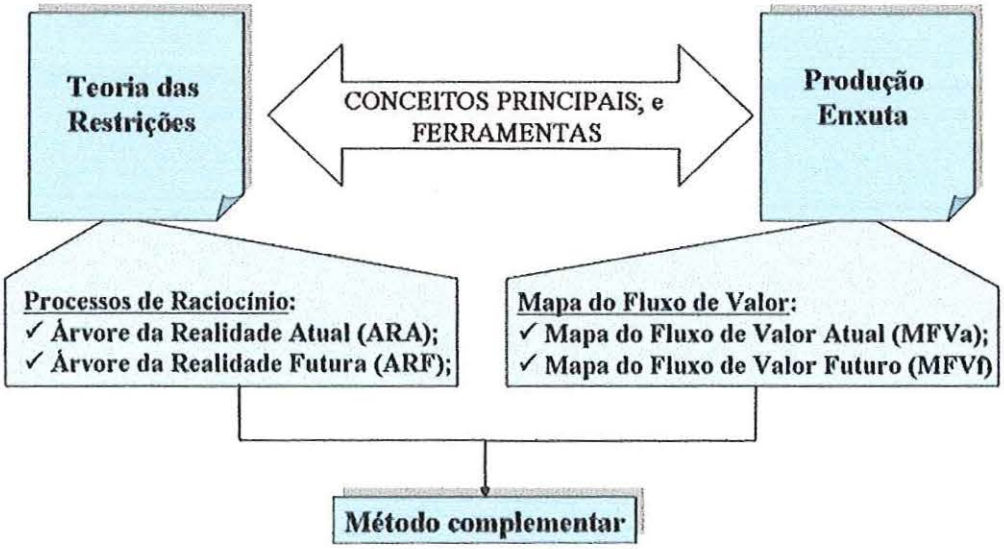


Figura 27: Visão geral preliminar do método proposto

No item seguinte, passaremos para a apresentação do modelo proposto para o Diagnóstico da Situação Atual, e para o Desenvolvimento da Situação Futura. Por fim, será apresentado um modelo de plano de implementação, feito a partir dos relacionamentos existentes entre as iniciativas de melhoria propostas (ações, obstáculos à sua implementação, etc.).

3.1. Identificação e Diagnóstico da Situação Atual

Para o Diagnóstico da Situação Atual será utilizada a Árvore da Realidade Atual (ARA) e o Mapa do Fluxo de Valor Atual (MFVa), , presente na metodologia proposta por ROTHER & SHOOK (1999).

A utilização destas ferramentas se dará de forma iterativa e complementar, pois o MFVa apresentará de forma clara e quantitativa os desperdícios existentes no sistema produtivo.

Enquanto que a ARA, além das categorias de desperdícios, explicitará também aspectos qualitativos, tais como: problemas comportamentais, vícios culturais, políticas administrativas, etc.

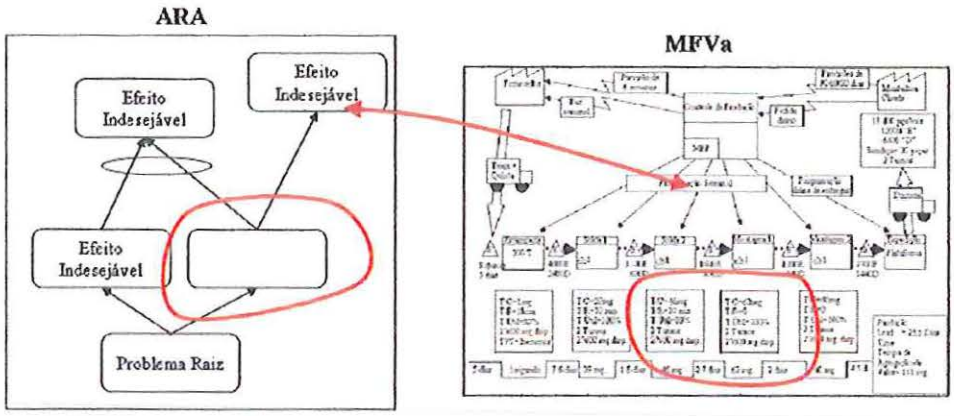
Além disso, a ARA também apresentará uma abordagem mais sistêmica da situação atual por meio do reconhecimento de entidades não somente

presentes no chão-de-fábrica, mas seus relacionamentos com fatores financeiros, de vendas, posicionamento de mercado, competidores, etc.

A figura 28, a seguir, mostra o papel complementar de cada uma destas ferramentas. Podemos identificar que existirão entidades presentes em ambas as ferramentas. Mas, na ARA também estarão presentes Efeitos Indesejáveis (EI's) relacionados à sua abordagem sistêmicas (relacionando-se fatores como vendas, preços, decisões estratégicas, etc.) que, possivelmente, não estarão no MFVa.

Neste mesmo sentido, o componente quantitativo de dados de processos produtivos, fluxo de informação, etc., estarão presentes somente no MFVa, não havendo, necessariamente a presença de dados quantitativos na ARA.

FERRAMENTAS DO DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL



Árvore da Realidade Atual:
- ✓ **Categorias de desperdício;**
- ✓ **Aspectos comportamentais;**
- ✓ **Integração sistêmica (produção-demais áreas);**
- ✓ **etc.**

Mapa do Fluxo de Valor Atual:
- ✓ **Categorias de desperdício;**
- ✓ **Dados quantitativos de processos, clientes, fornecedores, etc;**
- ✓ **Fluxo de informação (PCP – Processos);**
- ✓ **etc.**

Figura 28: Papel das ferramentas de Diagnóstico da Situação Atual

3.1.1 Diretrizes para a construção da Árvore da Realidade Atual (ARA)

A utilização da Árvore da Realidade Atual (ARA) partirá do princípio de que a composição de grande parte dos Efeitos Indesejáveis (EI's) é formada pelas categorias de desperdício, anteriormente apresentadas. A ARA será utilizada para o entendimento e análise da lógica de causa e efeito presente na situação atual.

As entidades presentes na ARA podem ser, também, oriundas de disparadores de mudança que, segundo RENTES (2000), apresentam diferentes proporções quantos às ameaças ou oportunidades por eles representadas. As ameaças e oportunidades internas à empresa são conhecidas como pontos fortes e fracos.

Para facilitar a identificação das entidades internas à empresa pode-se elaborar uma lista a partir de macro funções da empresas como marketing, finanças, produção, produtos e recursos humanos.

A tabela 6, abaixo, apresenta alguns aspectos destas funções que podem ser considerados:

Tabela 6: Algumas aspectos de funções internas

Marketing	Finanças	Produção	Produto	Recursos Humanos
Formas de venda	Medidas de lucratividade	Índice de produtividade	Índice de defeitos internos	Satisfação dos funcionários
Marca	Medidas de liquidez	Situação do Arranjo Físico	Índice de defeitos externos	Índices de rotação e absenteísmo
Promoções	Sistema de custeio	*Lead-time* de Produção	Lançamento de produtos	Capacitação dos operadores
Propaganda, etc.	Evolução dos custos, etc.	Níveis de estoque, etc.	Variedade apresentada, etc.	Plano de metas e salários, etc.

O apontamento destas entidades é relevante para a construção da situação atual, principalmente por permitir a identificação dos relacionamentos de causa e efeito entre as diversas funções existentes na empresa. Estes relacionamentos serão evidenciados quando da construção da ARA.

Os aspectos externos à empresa também podem ser relevantes para um completo diagnóstico da situação atual da organização. Neste caso, uma das dificuldades que poderá ser encontrada é a natureza mutável do ambiente, que apresenta mudanças em seus aspectos com grande rapidez.

Ainda assim, estes aspectos não devem ser negligenciados, de forma a se compreender melhor a interação existente como conseqüência destas possíveis mudanças.

A tabela 7, a seguir, apresenta alguns aspectos que podem ser considerados com relação às ameaças e oportunidades externas à empresa:

Tabela 7: Alguns aspectos de ameaças e oportunidades externas

Tecnologia	Governo	Sistema Financeiro	Sindicatos	Mercado
Freqüência de alteração tecnológica	Legislação pertinente	Financiamentos (Prazos, juros, garantias).	Objetivos dos sindicatos	Posição relativa aos concorrentes
Custos de capital, etc.	Planos governamentais, etc.	Política econômica, etc.	Comportamento em acordos, etc.	Posição relativa aos fornecedores, etc.

Uma vez identificadas e alocadas as entidades relativas a cada um dos aspectos relevantes à organização, deve-se procurar por conexões visíveis entre duas ou mais entidades, a partir daí denominadas de Efeitos Indesejáveis (EI's).

Neste ponto da construção já serão percebidas correlações anteriormente não evidenciadas e/ou explicitadas, tanto entre as funções internas à empresas como entre o ambiente externo e a empresa.

A ARA pode ser expandida a partir da adição de novos Efeitos, que anteriormente não tenham sido apontados, bem como de situações do ambiente e da realidade que não tenham sido considerados relevantes em um primeiro momento.

A construção da ARA deve, obviamente obedecer aos relacionamentos (SE ... ENTÃO), já comentados anteriormente, e respeitando-se a notação destes relacionamentos.

A cada nova entidade adicionada ou relacionada deve-se proceder à leitura de seus relacionamentos para a compreensão do ambiente lógico que está sendo formado e à procura de possíveis entidades que ainda estejam faltando.

Após a construção completa da Árvore, deve-se fazer uma leitura de todos os seus relacionamentos, verificando e evidenciando as causas principais (ou raiz) dos EI's.

Diante do efetivo entendimento e verbalização das relações da ARA construída, é necessário identificarmos o contexto no qual seus diversos elementos e entidades estão distribuídos. Em sistemas complexos, temos diversos e diferentes graus de controle sobre os componentes do ambiente.

Neste sentido, é interessante identificarmos as entidades e relacioná-las de acordo com o nível de controle que o projeto em questão tem sobre elas. Segundo DETTMER (1997), a este nível de controle podem ser atribuídas três categorias:

- Universo de Controle: são as entidades sobre as quais temos total e completa autoridade de mudança;

- Esfera de influência: é a região do ambiente sobre a qual podemos influenciar os acontecimentos em graus diferenciados, mas não detemos controle direto sobre o mesmo.

- Ambiente incontrolável: Além da esfera de influência, temos a fronteira limite, que nos separa daquelas entidades sobre as quais não temos nenhum controle ou influência, mesmo que indiretos.

Obviamente, quanto menos entidades residirem em nosso Universo de Controle, mais necessitaremos e dependeremos de outras pessoas ou grupos para resolução do problema em questão.

Ainda segundo DETTMER (1997), após a construção da ARA, e antes de decidir quais problemas atacar é importante rever a questão do nível de influência sobre as entidades presentes na ARA.

3.1.2 Diretrizes para o Mapeamento da Situação Atual (MFVa)

O mapeamento do fluxo de valor atual parte da seleção da família de produtos a serem mapeadas. A seleção de quais famílias de produtos a serão mapeadas pode ser advinda dos efeitos listados na ARA, caso sejam predominantemente de uma linha específica de produtos.

Além disso, conforme comentado anteriormente, a classificação de famílias pode ser por processos, ou seja, aqueles que possuem processos produtivos semelhantes, ou similaridades de uso de equipamentos ou ainda orientação a clientes com características diferentes.

Propõe-se, aliado aos métodos de seleção anteriores, proceder-se à uma classificação ABC (lei de Pareto) das linhas de produtos existentes. O uso desta classificação evidencia e busca priorizar melhorias naqueles itens de maior movimentação de valor (itens A e B), cujos benefícios gerais das melhorias serão maiores à organização.

A partir da identificação das famílias a serem mapeadas, devem ser coletados os seguintes dados básicos:

- Dados de demanda e distribuição: qual a demanda de cada um dos itens da família, quantas peças diferentes são feitas, freqüência de entrega, forma de entrega, tamanho da embalagem, etc. Sempre que relevante, os mesmos dados devem ser aferidos para os principais fornecedores;
- Dados dos processos produtivos: quais são os processos produtivos, tempo de ciclo, tempo de troca, número de operadores, taxa de refugo, tempo disponível de processamento, qual a máquina em que cada processo é executado, etc;
- Dados de estoques: identificar a localização dos estoques ao longo do processo produtivo e a sua quantidade (em dias – com base no consumo identificado anteriormente pela demanda);
- Dados do fluxo de informações: o fluxo de informações (desenhado na parte superior do mapa) deve incluir freqüência com que são recebidos os pedidos, forma como são feitos, como são enviadas as ordens de produção aos processos produtivos identificados anteriormente, solicitações de matérias-primas aos fornecedores, etc;

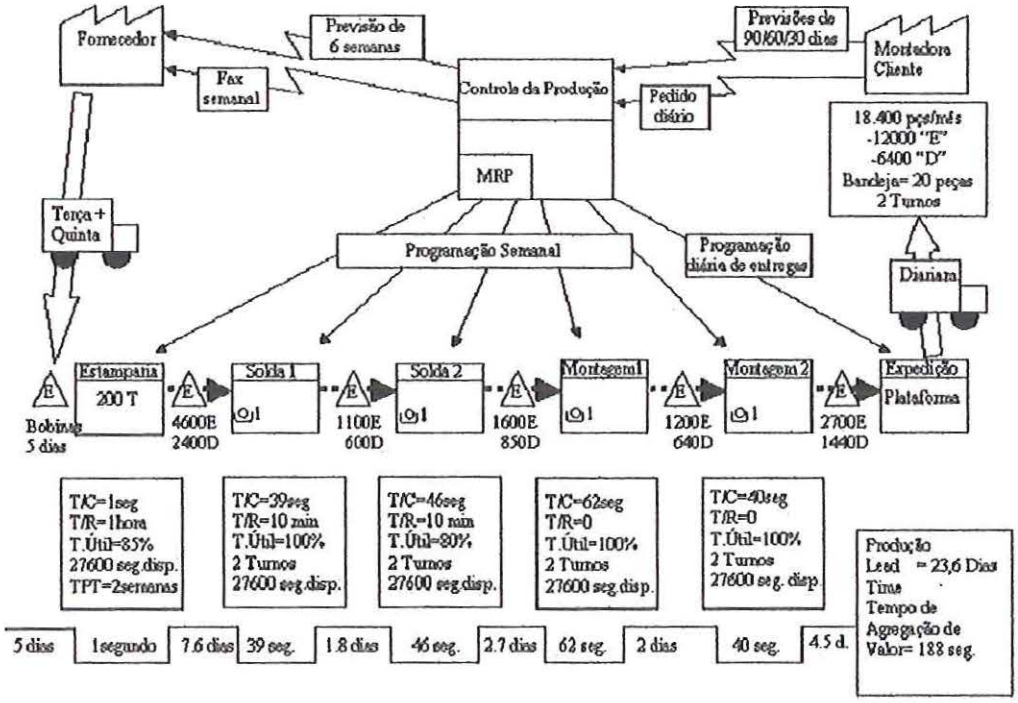


Figura 29: Exemplo de um Mapa do Fluxo de Valor Atual (ROTHER & SHOOK, 1999)

A figura 29, acima mostra um típico mapa do fluxo de valor atual, com muitos dos passos envolvidos no processo produtivo desconectados com estoques intermediários. O mapa também apresenta o fluxo de informação e os dados sobre distribuição de demanda.

3.1.3 Conclusões da Situação Atual (ARA e MFVa)

A figura 30, a seguir, apresenta o esquema do método proposto para o diagnóstico da situação atual:

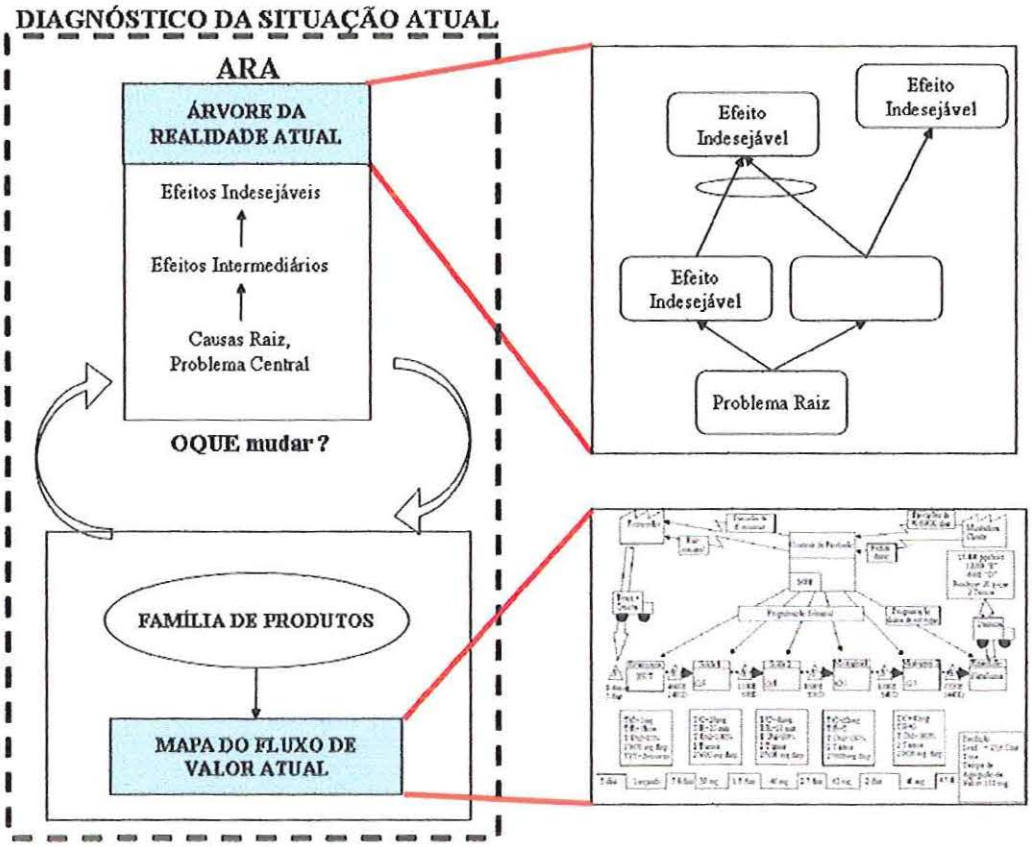


Figura 30: Esquema de Diagnóstico da Situação Atual

Deste modo, a utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor permitirá a identificação clara dos desperdícios presentes, provendo um método gráfico que permita a análise do fluxo de valor promovido pela organização.

Juntamente com a ARA, estes mesmos efeitos indesejáveis (desperdícios) bem como outros efeitos indesejáveis, que podem ou não estar relacionados às categorias de desperdícios pré-estabelecida, ficam evidenciados.

Além disso, a ARA promove um entendimento sistêmico da situação atual, abordando efeitos indesejáveis em outras áreas, além da produção (tais como: marketing, finanças, recursos, humanos, etc.), e seus inter-relacionamentos.

A ferramenta provê também um entendimento sobre a capacidade de ataque aos Efeitos Indesejáveis por meio da identificação do Universo de Controle do time de projeto em questão.

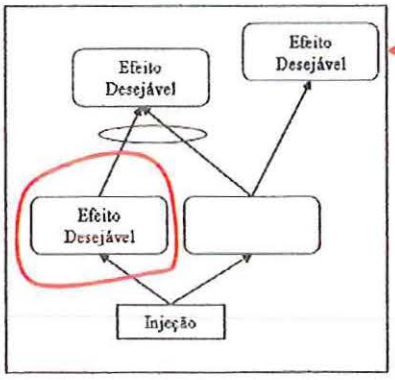
Espera-se também que, tanto a ARA como o Mapa do Fluxo de Valor Atual (MFVa), promovam o surgimento de idéias de melhoria do processo produtivo e do arranjo organizacional como um todo.

3.2. Desenvolvimento da Situação Futura

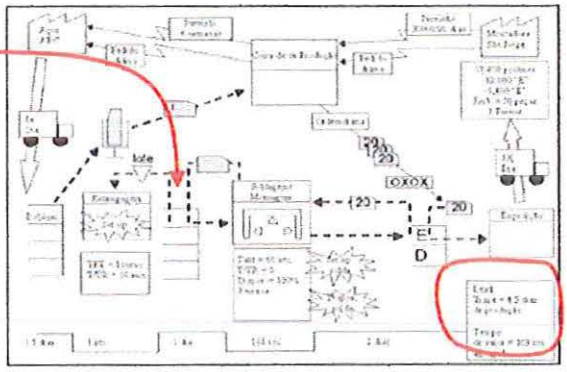
Para o desenvolvimento da situação futura, propõe-se a utilização da ferramenta seguinte dos Processos de Raciocínio da TOC, a Árvore da Realidade Futura (ARF), e do complemento da metodologia de ROTHER & SHOOK (1999) por meio do desenho do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf)

FERRAMENTAS DO DESENVOLVIMENTO DA SITUAÇÃO FUTURA

ARF



MFVf



Árvore da Realidade Futura:
- ✓ **Identificar ED's qualitativos;**
- ✓ **Identificar ED's em outras áreas (além da produção);**
- ✓ **Identificar a necessidade de outras ações, além do sistema produtivo**
- ✓ **etc.;**

Mapa do Fluxo de Valor Atual:
- ✓ **Redução de desperdícios;**
- ✓ **Maior flexibilidade;**
- ✓ **Efeitos positivos quantitativos;**
- ✓ **etc.**

Figura 31: Papel das ferramentas utilizadas no Desenvolvimento da Situação Futura

A figura 31, mostra o papel das ferramentas que serão utilizadas par ao desenvolvimento da Situação Futura.

A utilização destas ferramentas se dará de forma iterativa e complementar, pois assim como no Diagnóstico da Situação Atual, o Mapa do fluxo de Valor apresenta de forma clara e os benefícios quantitativos e as ferramentas de Produção Enxuta que serão utilizadas visando a redução dos desperdícios existentes no sistema produtivo.

Enquanto que a ARF, apresentará também Efeitos Desejáveis (ED's) qualitativos, também podendo ser relacionados à aspectos comportamentais e culturais.

Além disso, a ARF também pela sua abordagem sistêmica, permitirá a identificação de eventuais ações de melhorias necessárias, além daquelas propostas exclusivamente ao sistema produtivo (visando redução de desperdícios).

Existirão, portanto, efeitos desejáveis presentes nas duas ferramentas, mas os efeitos quantitativos estarão apontados mais claramente do MFVf, enquanto que a ARF mostrará também os benefícios qualitativos.

3.2.1 Diretrizes para a construção da Árvore da Realidade Futura (ARF)

A Árvore da Realidade Futura (ARF), conforme comentado anteriormente, é uma estrutura lógica desenhada no sentido de identificar como as mudanças propostas irão afetar o ambiente real, em especial, de modo a produzir os Efeitos Desejados (ED's). Segundo DETTMER (1997), a construção e utilização da ARF geram diversos benefícios na direção da resolução de problemas, dentre os quais podemos destacar:

- Permitir o teste de eficácia de novas idéias antes do comprometimento de recursos (tempo, dinheiro, pessoas) na sua implementação;

- Determinar quais mudanças propostas ao sistema irão, de fato, produzir os efeitos desejados;

- Revelar, por meio da existência de ramos negativos, se as mudanças propostas irão criar problemas novos ou efeitos colaterais enquanto se propõem a solucionar um problema atualmente existente;

- Promover um meio para o entendimento de como uma decisão local pode afetar todo o sistema;

- Promover uma ferramenta efetiva para a persuasão dos tomadores de decisão no sentido de apoiarem um determinado curso de ação;

É importante salientar que a ARF pode ser construída independentemente de outras ferramentas dos Processos de Raciocínio, mas esta abordagem pode se mostrar deficiente sem um completo entendimento da situação atual a ser mudada, que é visualizada e formulada por meio da ARA.

Na prática, a construção da ARA acaba por se tornar o caminho natural para a construção da ARF, pois grande parte da estrutura da situação atual terá relação com as entidades presentes na construção da situação futura.

A estrutura lógica que permeia as relações de causa e efeito não serão consideravelmente alteradas, de forma que partes da ARA são diretamente transferíveis aos níveis superiores da ARF. A figura 32, a seguir, mostra o relacionamento existente entre as entidades presentes na ARA e na ARF.

Vale ressaltar que, no método proposto, e na figura apresentada não utiliza-se o Diagrama de Dispersão de Nuvem (apresentado na revisão bibliográfica no item 2.1.2), partindo-se das entidades da ARA para a construção da ARF.

No entanto, em casos específicos de existência clara de conflitos, pode-se utilizar o DDN como fonte geradora de injeções que poderão compor a ARF.

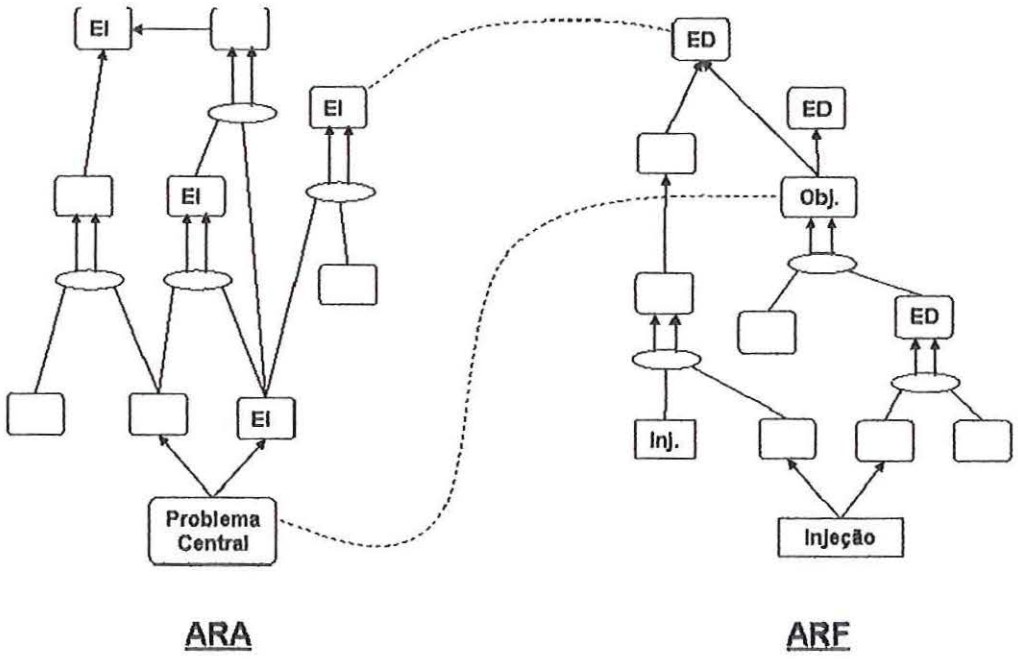


Figura 32: A Árvore da Realidade Futura e a Árvore da Realidade Atual (adaptado de DETTMER, 1997).

Neste caso, o oposto dos Efeitos Indesejáveis (EI's) presentes na ARA tornam-se os Efeitos Desejáveis (ED's) na ARF e o oposto do problema central ou problemas encontrados na ARA tornam-se objetivos da ARF, que deverão ser atingidos por meio das injeções.

Estas injeções podem ser entendidas como medidas e providências e serem tomadas no sentido de solucionar os problemas encontrados na ARA, por meio do alcance dos objetivos traçados.

A implementação com sucesso destas injeções deverá resultar, em última instância, na eliminação dos sintomas (EI's) anteriormente existentes. Neste sentido, o primeiro passo lógico para a construção da ARF é a formulação de uma listagem dos Efeitos Desejados a partir dos opostos dos EI's.

A partir da geração de idéias e de situações contrárias aos problemas principais (ou problema raiz) encontrados na ARA, segue-se à adição de injeções que, por meio de relações de causa e efeito, venham a eliminar os EI's.

3.2.2 Diretrizes para a construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf)

O desenvolvimento e construção do Mapa da Situação Futura segue sete diretrizes, que estão detalhadas em ROTHER & SHOOK (1999):

1. Produzir de acordo com o takt-time;
2. Desenvolver fluxo contínuo onde for possível;
3. Uso de supermercados para controlar a produção onde o fluxo contínuo não for possível;
4. Enviar a programação para um único processo produtivo;
5. Distribuir a produção de diferentes itens ao longo do tempo;
6. Criar uma "puxada inicial";
7. Desenvolver a habilidade de fazer toda parte todo dia nos processos anteriores ao processo puxador.

Na figura 33, abaixo, temos uma representação de um exemplo de um MFVf, com a presença de supermercados, a programação sendo enviada somente a um processo produtivo, e o fluxo de informações na parte superior da figura:

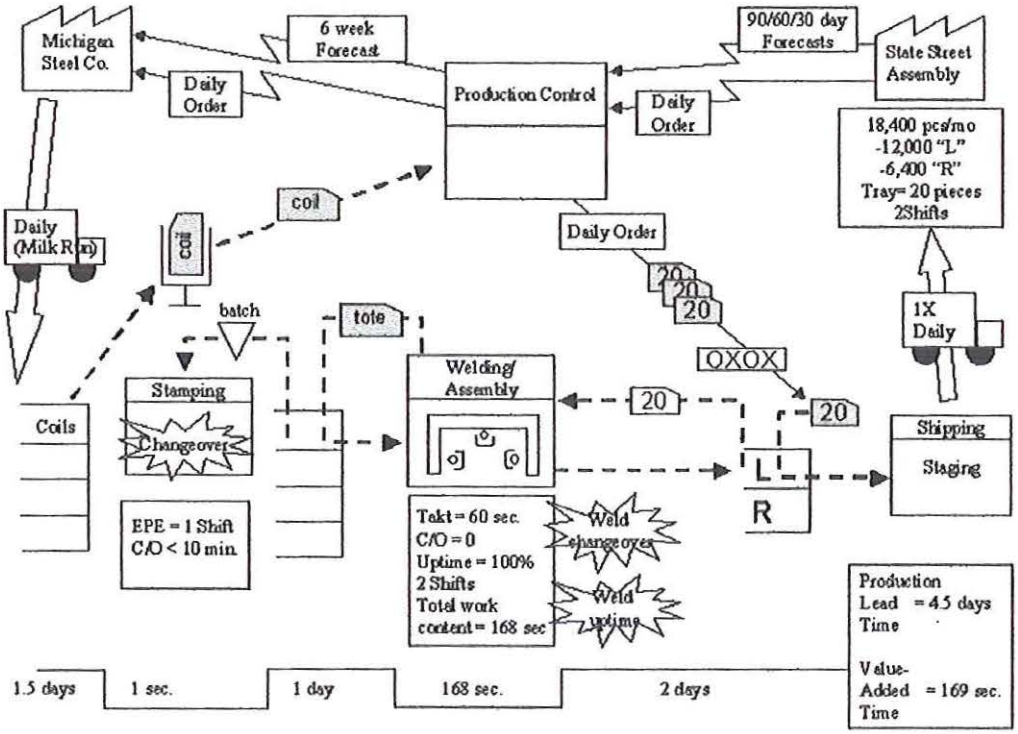


Figura 33: Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor Futuro (RENTES, 2000)

3.2.3 Conclusões sobre o desenvolvimento da Situação Futura

No método proposto, o MFVf busca reduzir as complexidades, tanto no fluxo de informação como no fluxo de materiais, presentes inicialmente no sistema produtivo. Isto é conseguido por meio da adoção de técnicas, conceitos e ferramentas de produção enxuta já amplamente difundidos.

No entanto, como destaca NAZARENO (2003), o MFV não é uma técnica que pode vir a resolver sozinha todos os problemas de uma empresa de manufatura. Questões associadas à mudanças de layout, sistemas de organização do ambiente produtivo (5S), sistemas de custeio associados à famílias de produtos, podem ser negligenciados caso esta ferramenta seja adotada isoladamente.

Neste sentido, a ARF, além do promover a validação da situação futura proposta, permite identificar se as injeções conduzirão aos ED's sem criar novos EI's.

Deste modo, a utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro permitirá a identificação visual do novo fluxo de valor, tornando claras quais serão as medidas tomadas para se evitar os desperdícios de movimentação, superprodução, etc., e a ARF permitirá uma visão sistêmica das propostas de mudança.

A construção da ARF pode e deve ser conduzida de forma conjunta ao desenho da situação futura, tendo como base inicial a conversão dos EI's em ED's. As técnicas e ferramentas de produção enxuta, como células de manufatura, padronização de operações, fluxo contínuo, etc. presentes na situação futura irão compor a ARF como as injeções.

A ARF servirá ao propósito adicional de validação, comunicação e geração de consenso sobre a real eficácia da situação futura proposta no sentido de solução dos problemas sem a geração de eventuais efeitos colaterais.

A figura 34, a seguir, apresenta o esquema do método proposto para o desenvolvimento da situação futura:

No esquema, podemos observar a interação existente entre a ARF e o MFVf, sendo que parte das injeções presentes na ARF podem ser identificadas no mapa, e também apresentados os efeitos esperados destas iniciativas nos Efeitos Desejáveis (ED's), presentes na ARF.

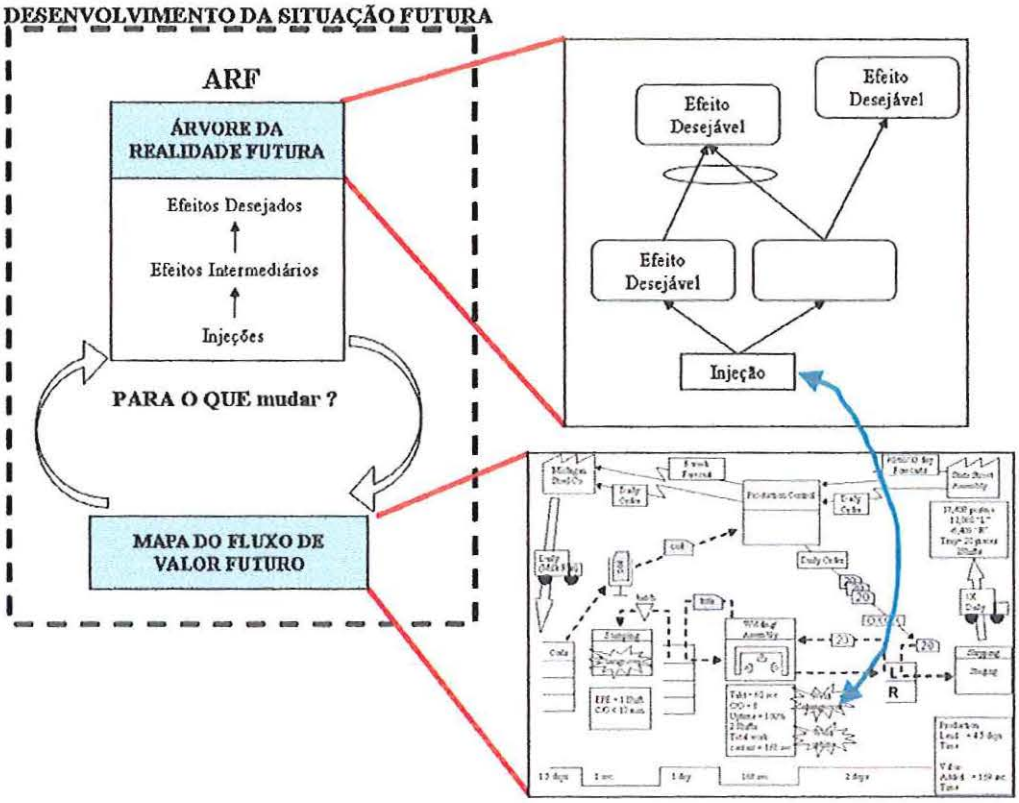


Figura 34: Esquema de Desenvolvimento da Situação Futura

3.3. Inter-relacionamento Situação Atual e Situação Futura

No método apresentado, o diagnóstico da situação atual se dá por meio da utilização da ARA e do MFVa. A primeira no sentido de evidenciarem-se os efeitos indesejáveis de forma sistêmica, e a segunda ferramenta no sentido de entender o fluxo de valor atualmente existente no sistema produtivo.

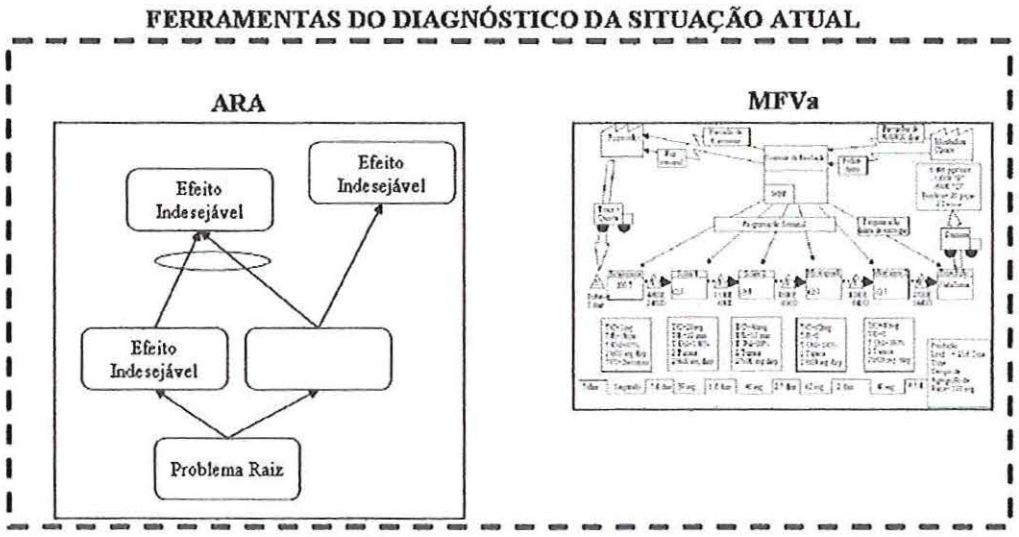


Figura 35: Ferramentas para entendimento da Situação Atual

Já no desenvolvimento da situação futura, temos as ferramentas da ARF, por meio da qual verifica-se a eficácia das injeções propostas (conversão dos EI's em ED's) e do MFVf, por meio da aplicação de suas diretrizes para tornar o fluxo de valor produtivo mais enxuto.

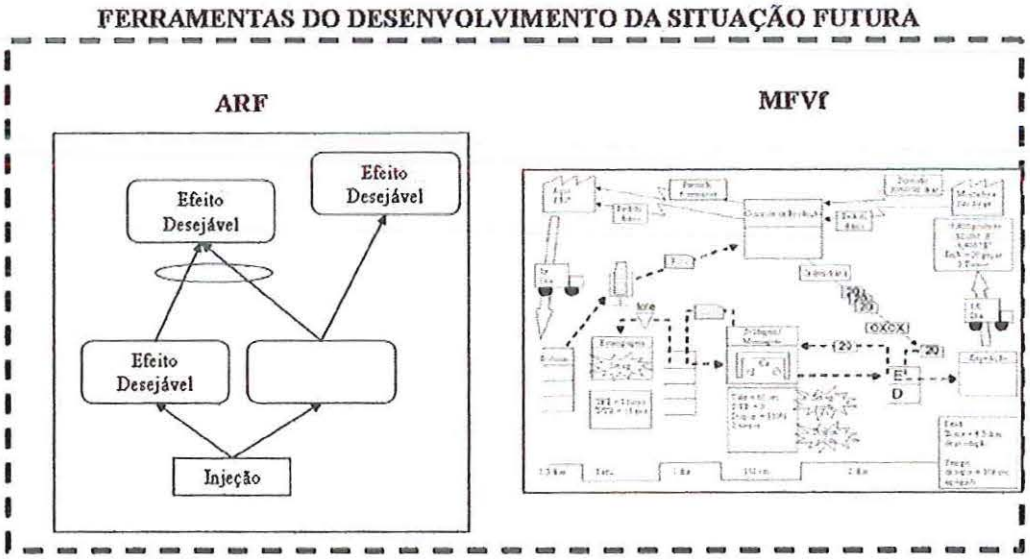


Figura 36: Ferramentas para desenvolvimento da Situação Futura

No entanto, estas quatro ferramentas apresentam relacionamento entre si, uma vez que:

- ARA e ARF: Durante a construção da ARA, pode-se perceber possibilidades imediatas de melhorias, por meio da aplicação de injeções intuitivas, que posteriormente terão sua validade checada quando da construção da ARF. Além disso, durante o desenvolvimento da ARF podem ser descobertos Efeitos Indesejáveis passados despercebidos anteriormente, mesmo com o escrutínio da ARA. Isto pode resultar de uma injeção proposta em um determinado aspecto anteriormente deixado de lado quando da construção da ARA;
- MFVa e MFVf: A inter-relação existente entre os mapas é evidenciada na metodologia proposta por ROTHER & SHOOK (1999), uma vez que para o desenvolvimento da situação futura podem ser necessários dados adicionais presentes na situação atual. Além disso, ao mesmo tempo em que se desenha a situação atual, geram-se idéias de melhorias a serem apresentadas no MFVf;
- ARA e MFVa: A ARA pode ser grande fonte de subsídios sobre quais aspectos e dados podem ser relevantes quando da construção do Mapa do Fluxo de Valor Atual (MFVa), de modo a dar-se atenção especial à determinadas prioridades de melhoria;
- ARF e MFVf: A ARF, além de verificar e validar as propostas do MFVf, também possibilita, conforme comentado anteriormente, a adição de aspectos de potencial ganho que podem ser negligenciados (5S, arranjo físico, etc;). Além disso, a ARF possibilita enxergar os benefícios em todo o sistema organizacional (não só no setor produtivo), das injeções proposta pelo MFVf.

O esquema apresentado na figura 37, a seguir, mostra o relacionamento existente entre as etapas de Diagnóstico da Situação Atual e o Desenvolvimento da Situação Futura propostos pelo método:

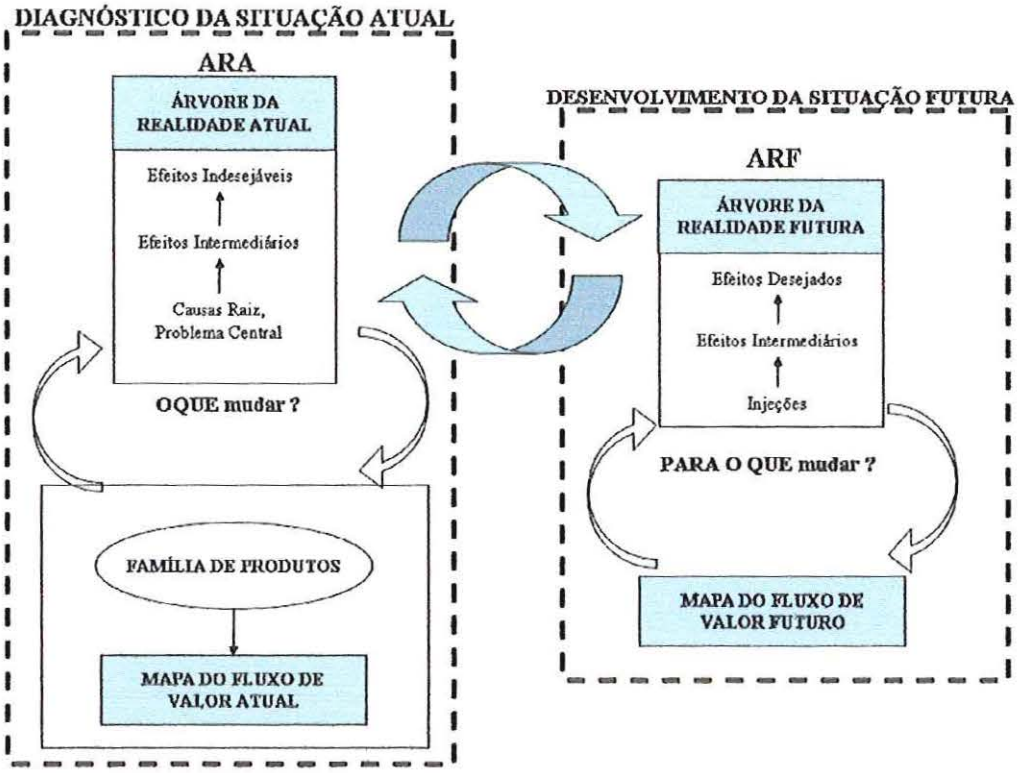


Figura 37: Relacionamento entre o Diagnóstico da Situação Atual e o Desenvolvimento da Situação Futura

3.4. Árvore de Implementação

Na revisão bibliográfica apresentada, pudemos ver alguns métodos propostos de implementação, como o plano de implementação de ROTHER & HARRIS (2002), e o modelo genérico proposto por SMEDS (1994).

Adicionalmente a estes, ROTHER & SHOOK (1999) propõem a divisão do plano de implementação em loops (puxador e adicionais) e YOSHINAGA (1998) apresenta as etapas para implantação da manufatura celular.

Na metodologia dos Processos de Raciocínio da TOC, a Árvore de Pré-Requisitos (APR) e a Árvore de Transição (AT) procuram responder à questão: Como mudar?

Ou seja, procuram traçar o plano de iniciativas a serem tomadas durante a condução do processo de mudança da ARA rumo à ARF. A figura 38, abaixo, apresenta a APR e a AT para a condução deste processo:

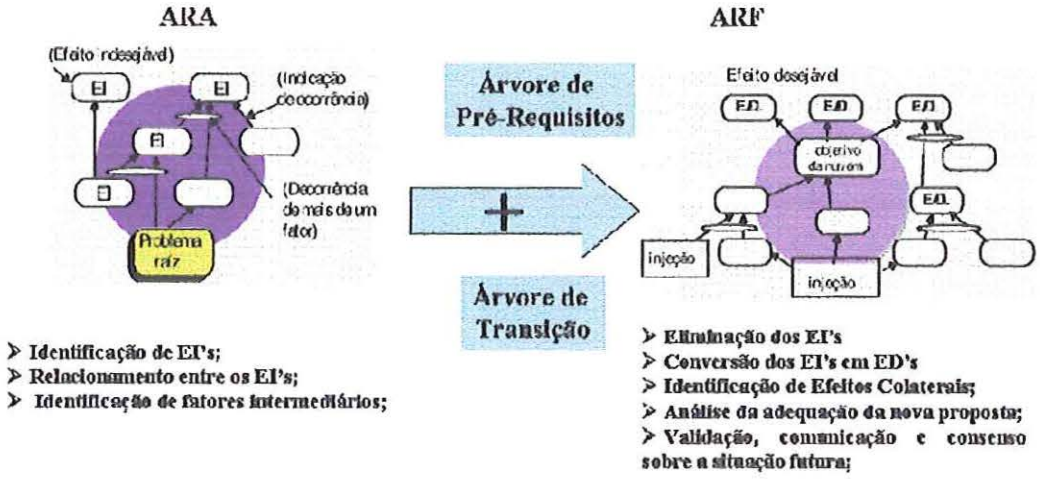


Figura 38: APR e AT na condução da situação atual rumo à situação futura

A metodologia tradicional da TOC propõe a criação de uma APR para cada uma das injeções, de modo a serem identificados os Obstáculos específicos ao alcance de cada uma delas. Para cada obstáculo, propõe-se verbalizar um Objetivo Intermediário (OI), no sentido de que o obstáculo tenha sido transposto.

A Árvore de Transição surge das ações disparadas por cada um dos obstáculos presentes na APR, de modo que todo obstáculo tenha endereçado a si uma ação específica de combate.

A figura 39, a seguir mostra estes relacionamentos existentes, na metodologia tradicional do PR da TOC, entre as ferramentas da ARA, ARF, APR e AT:

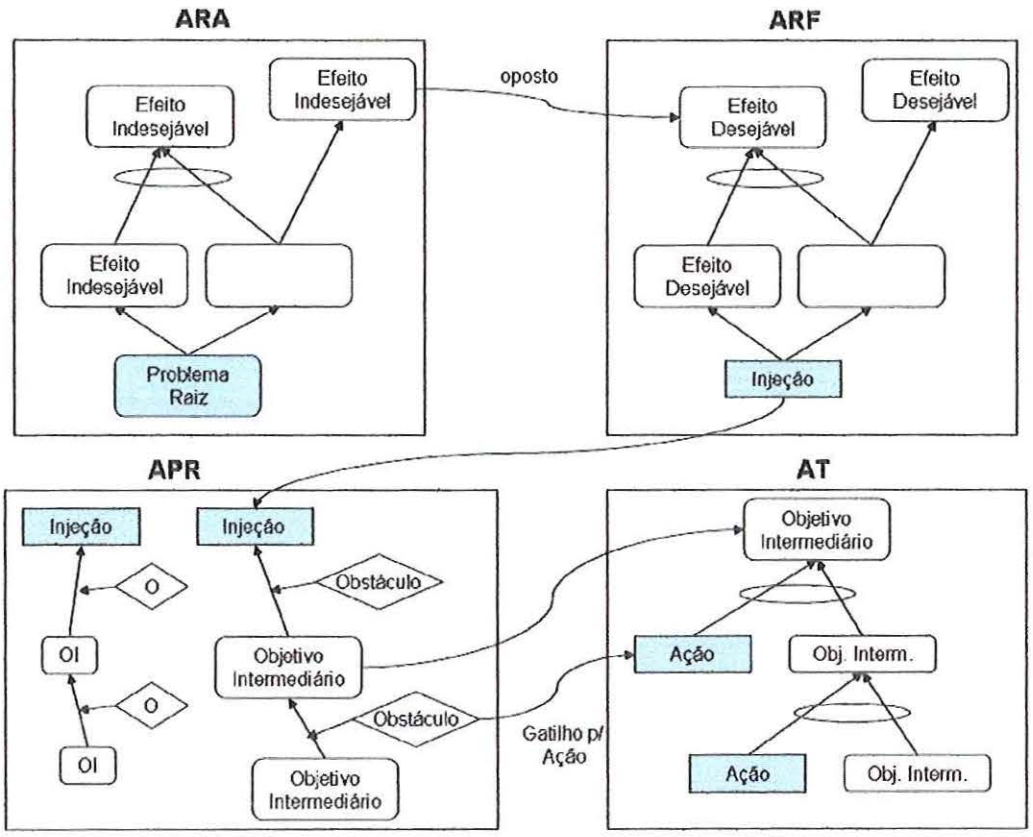


Figura 39: Relacionamentos existentes entre ARA, ARF, APR e AT.

O método proposto neste trabalho indica uma abordagem da Árvore de Pré-Requisitos (APR) e da Árvore de Transição (AT) de forma conjunta, delineando o curso de ação a ser tomado, uma vez partindo-se da situação atual (ARA), rumo à situação futura (ARF). A esta abordagem, passaremos a denominar de Árvore de Implementação (AI).

A utilização desta ferramenta deve-se ao fato de que, ao enunciarem-se os obstáculos e as ações pertinentes a cada uma das injeções da ARF, percebe-se que podem existir obstáculos e ações comuns a mais de uma injeção.

Na ARF, a ordem de implementação das injeções se dá por meio da identificação de seus efeitos, no entanto, a serem evidenciados os obstáculos e ações a cada uma das injeções uma ordem de precedência (antes obscura) torna-se clara.

Além disso, algumas ações tomadas com o objetivo de se atingir uma determinada injeção podem servir de *inputs* (entradas) necessários a uma outra injeção, evidenciando-se a ordem de precedência entre elas.

Ao mesmo tempo, para que uma determinada ação possa ser tomada, pode ser necessária que uma injeção já tenha sido implementada, tornando-se mais um fator de precedência extremamente relevante.

A priorização de atividades e esforços também é conseguida por meio da identificação daquela(s) injeção(ões) cujas ações necessárias à sua implementação não necessitem de ações e/ou injeções anteriores.

A figura 40, a seguir mostra de forma esquemática como seria a interação presente em uma Árvore de Implementação (AI):

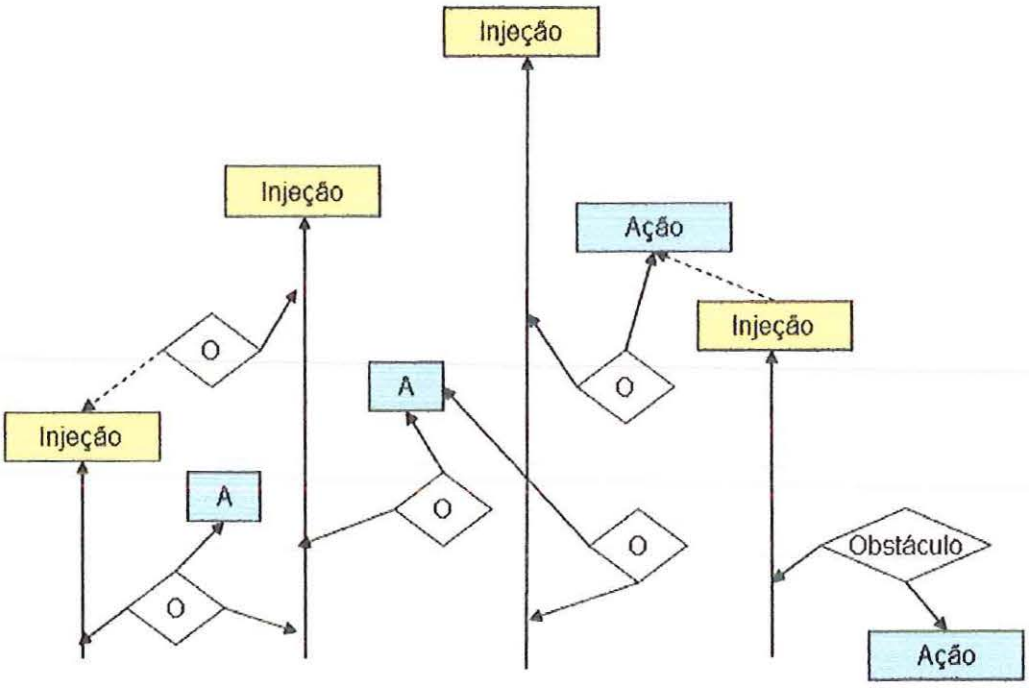


Figura 40: Esquema de uma Árvore de Implementação

Na figura apresentada, pode-se perceber obstáculos que são comuns a mais de uma injeção, assim como ações capazes de subjugar mais do que um obstáculo (que pode ser referente a uma ou várias injeções).

Além disso, mostra-se necessidade da implementação prévia de uma determinada injeção para que se possa tomar uma ação específica de outra, etc.

3.4.1 Diretrizes para a construção da Árvore de Implementação

O que definiria o *loop* das injeções? Ou seja, como distribuir as injeções em "fases" de implementação de forma mais viável e interessante?

Caso haja uma injeção que promova a "quebra" de um problema-raiz, que seja responsável por grande parte dos EI's, deve-se começar por ela. No entanto, muitas vezes isto não ocorre.

Neste caso, pode-se propor a utilização de uma sensibilidade de ganhos, que uma vez alcançados em um primeiro *loop*, já trazendo resultados positivos significativos, sustentaria a mudança (em todos os seus sentidos – motivação, apoio da administração, financeiramente, etc.) para o prosseguimento das próximas ações.

Seguindo esta coerência, deve-se "escolher" uma das injeções propostas na ARF e identificar todos os obstáculos existentes e que possivelmente impeçam sua implementação com total êxito.

Para cada um destes obstáculos deve-se endereçar uma ação específica. Caso alguma destas ações necessite de pré-requisitos prévios de outra injeção, deve-se reiniciar o processo de identificação de obstáculos e ações para esta injeção precedente.

Para cada uma das injeções devem ser verificados obstáculos e ações em comum, bem como a precedência direta de injeções que necessitem já estarem implementadas para que seja possível tomar um determinado curso de ação.

3.4.2 Objetivos e benefícios esperados

Assim como o MFVa e o MFVf estão inter-relacionados, a construção da ARF possui inter-relação com detalhamento do curso de ação de implementação formulado pela Árvore de Implementação. Ou seja, pode ser interessante rever parte da ARF quando da concreta visualização das ações necessárias à implantação de cada uma das injeções.

Um dos potenciais objetivos e resultados do método proposto é que por meio da correta identificação da ordem de precedências diretas e indiretas entre as ações das injeções, pode-se traçar um cronograma mais acurado das atividades a serem seguidas.

O cronograma das atividades pode apresentar *check-points*, ou pontos de controle, quando do alcance das injeções, e cujos efeitos esperados estão presentes na ARF.

Promove-se uma visibilidade mais clara de longo prazo, vislumbrando-se os ganhos esperados em cada período, evitando-se a geração de expectativas frustradas e/ou ações não coordenadas, que resultariam em desperdícios de recursos.

A figura 41, a seguir apresenta um esquema da Árvore de Implementação (AI) e do seu cronograma de atividades associado:

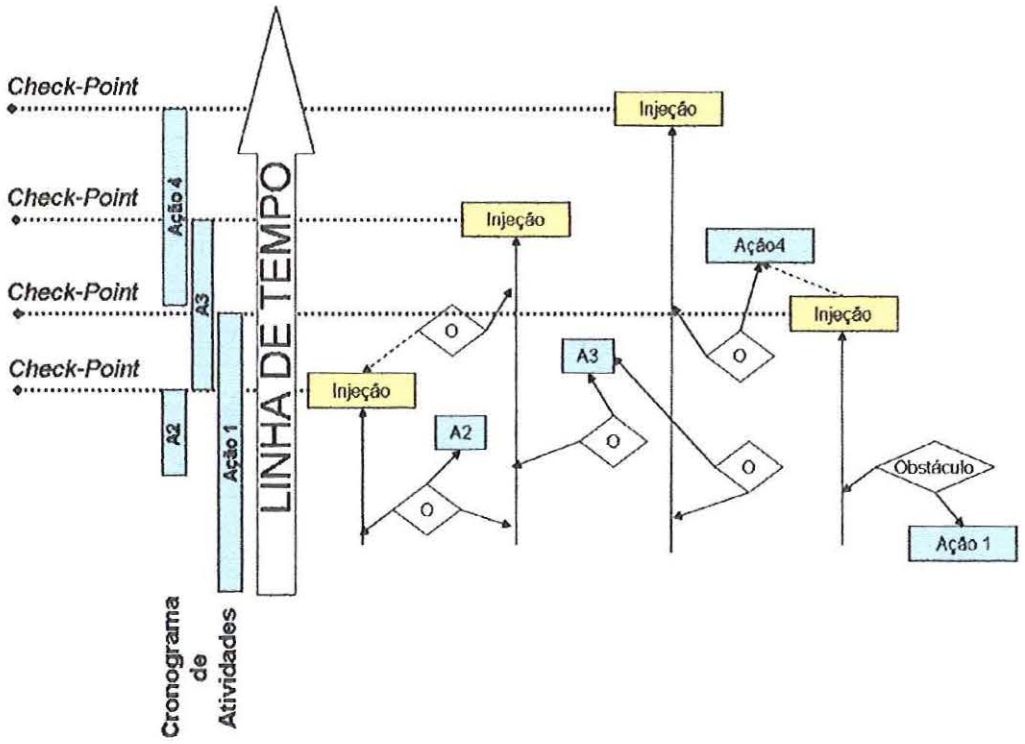


Figura 41: Árvore de Implementação e Cronograma de Atividades

3.5. Visão Geral do Método

O uso conjunto destas ferramentas permitirá a criação de um plano de implementação passo a passo de cada uma das técnicas e ferramentas, de forma a compreender a existência de uma seqüência lógica entre elas, bem como os possíveis efeitos a serem esperados na implementação isolada, conjunta ou parcial destas injeções.

Nesta etapa do modelo, podem estar presentes cada uma das práticas a serem adotadas, além de poder ser identificada a necessidade da adoção de práticas adicionais àquelas propostas inicialmente, de forma a compor o objetivo final.

A cada uma destas práticas serão relacionadas as condições necessárias e inputs, que podem ser provenientes de outras injeções ou ações pontuais, constatando-se as condições necessárias a aplicação de cada uma das ferramentas.

A figura 42, promove uma visão geral do método proposto, com a presença da ARA e do MFVa para o Diagnóstico da Situação Atual, e da ARF e do MFVf para o Desenvolvimento da Situação Futura. Conforme anteriormente apresentado, a Árvore de Implementação promove o reconhecimento das ações necessárias ao processo de mudança desejado.

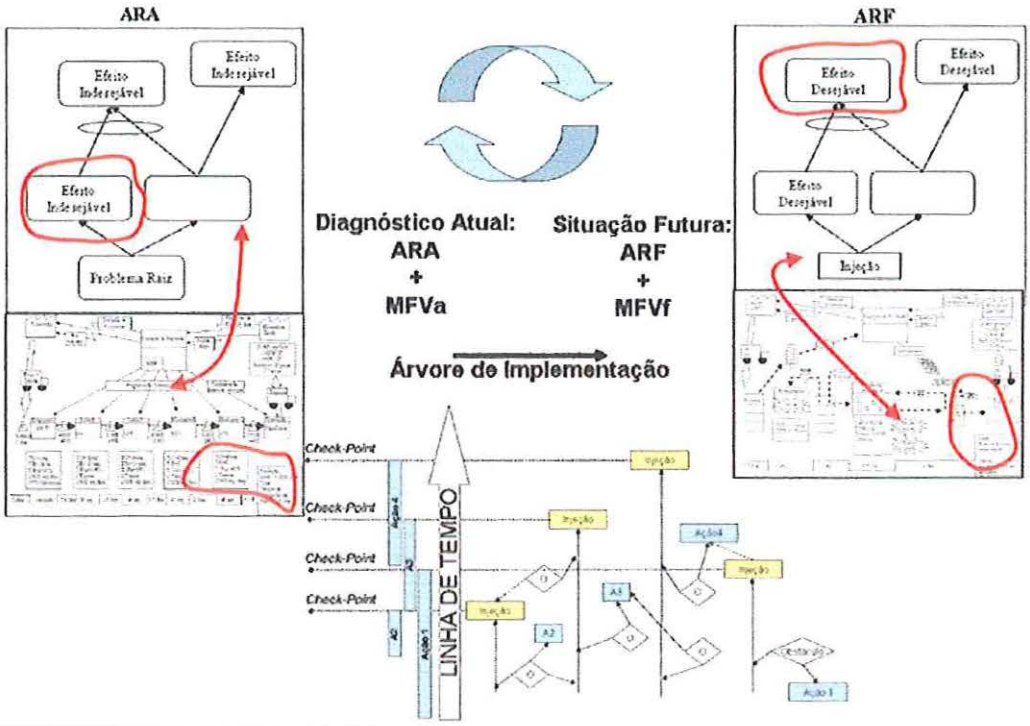


Figura 42: Visão Geral do Método Proposto

4. APLICAÇÃO PRÁTICA

Este capítulo apresenta a aplicação do método proposto, realizada em uma empresa fabricante de móveis, cuja fábrica está situada no interior do Estado de São Paulo e a unidade comercial na capital deste mesmo estado.

4.1. Apresentação da Empresa e Relevância do Setor

Esta aplicação foi realizada em uma indústria moveleira de médio porte, fabricante de móveis decorativos para quartos. A empresa possui cerca de 100 colaboradores, com uma produção média de 400 peças por mês e um faturamento mensal de cerca de R$ 500.000,00.

Abaixo, temos alguns exemplos de produtos fabricados e comercializados pela empresa. A empresa atua no segmento de móveis residenciais de madeira, sendo que os mesmos apresentam muitos detalhes de acabamento, misturando formas retas e curvilíneas.

Figura 43: Exemplos de produtos da empresa

A empresa está segmentada em duas unidades: unidade fabril: apresenta uma área de aproximadamente 4.600 m^2, onde estão localizados os setores

de Planejamento e Controle da Produção, todo o estoque de matéria-prima e os equipamentos utilizados na fabricação dos móveis; unidade comercial: localizada na capital do Estado de São Paulo, conta com cerca de 20 colaboradores concentrando as atividades de venda e exposição de produtos.

A empresa apresenta, predominantemente, a política de atendimento da demanda MTO (*Make-to-Order)*, de acordo com a qual os pedidos são recebidos na unidade de venda e enviados por meio eletrônico à unidade fabril. A maioria destes pedidos é efetuada por decoradores especializados, uma vez que o negócio central da empresa é constituído por móveis requintados, com alto padrão de acabamento, dirigindo dessa forma o foco de atuação aos clientes de poder aquisitivo elevado.

No Brasil, o setor moveleiro apresenta grande presença de pequenas e médias empresas, inúmeras delas informais. No ano de 1999, a indústria moveleira nacional apresentou um faturamento da ordem de R$ 7,4 bilhões, com um crescimento de cerca de 97% em relação ao período de 1994, conforme apresentado na tabela 8, a seguir:

Tabela 8: Faturamento da Indústria Moveleira Nacional – Fonte: GORINI (1998)

Ano	R$ (milhões)
1994	3.735
1995	3.890
1996	4.573
1997	6.236
1998	7.373
1999	7.373

A produção moveleira nacional possui suas atividades concentradas nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, os quais são responsáveis por 82% da produção brasileira. Destes estados, São Paulo é o que responde pela maior produção, cerca de 42%.

Em termos nacionais, este segmento industrial é responsável pela ocupação de mais de oitocentas mil pessoas, cerca de 7% sobre a ocupação total da indústria, segundo os dados do Censo Industrial do IBGE (1985).

A demanda de móveis possui variação proporcionalmente direta ao nível de renda da população, em especial, com ligação direta ao ramo da construção civil.

Segundo GORINI (1998), a indústria de móveis brasileira vem enfrentando um ambiente cada vez mais aberto e competitivo, daí a necessidade de adaptar-se ao padrão internacional, principalmente no que se refere à produtividade.

4.2. Diagnóstico da Situação Atual

De acordo com o método proposto, o diagnóstico da Situação Atual do sistema se dará por meio da construção da Árvore da Realidade Atual (ARA) e do Mapeamento do Fluxo de Valor Atual (MFVa).

A seguir é apresentado o processo de desenvolvimento utilizado para cada uma destas ferramentas.

4.2.1 Construção e Análise da Árvore da Realidade Atual

O primeiro passo para a criação da ARA foi a formação da equipe de projeto, que iriam conduzir o processo de mudança internamente. Segundo NAZARENO (2003), a seleção dos participantes deve ser feita entre os associados que apresentem as melhores características e melhor desempenho operacional.

Neste sentido, houve a preocupação para que a equipe fosse formada por elementos que tivessem um conhecimento intuitivo adequado da situação e que fossem capazes de conhecer e entender os padrões e interações apresentadas pelo sistema empresarial em questão.

Por meio de entrevistas e relatórios internos foram citados e percebidos alguns "problemas" que estavam sendo percebidos pelos gestores do sistema. Na verdade, estes eram Efeitos Indesejáveis iniciais, e estão listados a seguir:

- Aumento dos custos com horas-extras;
- Falta de aderência à programação;
- Movimentação excessiva de pessoal;

- Transporte excessivo de material;
- Falta de padronização do trabalho;
- Excesso de customização;
- Desorganização do setor de trabalho;

A partir das entidades iniciais, propôs-se a elaboração de uma lista de mais Efeitos Indesejáveis (EI's) tomando-se como referência quatro categorias distintas: produto, processo produtivo, vendas e conjuntura econômica do período.

Obviamente, os itens presentes em cada uma destas categorias possuem inter-relação entre si, o que ficaria claro durante a construção dos relacionamentos de causa e efeito entre estas entidades na ARA.

Além dos efeitos indesejáveis inicialmente apontados, foram identificados vários outros, e após a construção da árvore, os mesmos foram re-numerados e estavam agrupados nas categorias apresentadas nas tabelas 9, 10, 11 e 12, a seguir:

Tabela 9: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Produto

Produto	
10	Alto nível de customização
20	Alta variedade de produtos
30	Presença de produtos com venda muito esporádica
40	Não-conformidades acima do nível desejado

Tabela 10: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Processo

Processo	
50	O arranjo físico não é otimizado
60	Excesso de movimentação
70	Ocorrem desperdício de tempo e recursos
80	Falta de um sistema de organização e limpeza
90	Excesso de transporte de materiais e equipamentos
100	Ambiente produtivo desorganizado

110	Ausência de um sistema de medição de desempenho
120	Queda de Produtividade
130	Necessidade de horas-extras crescente
140	Trabalhadores pouco qualificados
150	Falta de comprometimento da mão-de-obra
160	Houve tentativas anteriores de melhorias que não deram certo
170	Lead-time de produção acima do desejado
180	Ocorre descrença quanto aos processos de melhoria
190	Lead-time de entrega longo
200	Baixa aderência à programação
210	Não existe um mecanismo de programação diária de componentes
220	Necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
230	Programação semanal da produção
240	Altos custos operacionais

Tabela 11: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Vendas

Vendas	
250	Queda do número de peças vendidas
260	Aumento do número de concorrentes
270	Preço médio maior do que o praticado pelos concorrentes para produtos similares
280	Necessidade de competição por preço
290	Baixo nível de conversão de orçamentos em pedidos
300	Cliente demora a definir detalhes do produto
310	Alta sazonalidade de vendas

Tabela 12: Efeitos Indesejáveis pertencentes à categoria Conjuntura Econômica

Conjuntura Econômica	
320	Baixo nível de crescimento econômico
330	Queda do nível de renda da classe média alta

340	Alta incidência tributária sobre a mão-de-obra

Alguns dos itens apresentados nas tabelas anteriores foram identificados durante o processo de construção da Árvore da Realidade Atual. A ARA completa está apresentada no anexo 6.1 deste trabalho, e a leitura de suas identidades descrita a seguir.

Leitura da Árvore da Realidade Atual:

Se o arranjo físico não é otimizado (**50**), então temos um excesso de movimentação dos trabalhadores (**60**) e um excesso de transporte de materiais e equipamentos (**90**). O arranjo físico não otimizado (**50**) e a falta de um sistema de organização e limpeza (**80**) nos leva a um ambiente produtivo desorganizado (**100**).

Se temos uma movimentação (**60**) ou transporte (**90**) excessivos, um ambiente produtivo desorganizado (**100**) ou não-conformidades acima do nível desejado (**40**) ocorre desperdício de tempo e recursos (**70**).

O desperdício de tempo e recursos (**70**) leva a um lead-time de produção acima do desejado (**170**), que resulta em um lead-time de entrega longo (**190**).

O lead-time de produção acima do desejado (**170**) e a baixa aderência à programação (**200**), resultam na necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo (**220**). Essa forma de controle administrativo por urgências leva à ocorrência de novas não-conformidades, o que as torna acima do nível desejado (**40**). Dessa forma, estabelece-se um ciclo vicioso, pois as não-conformidades geram desperdício de recursos.

Esta relação é tanto ruim quanto boa, pois uma vez que a presença de uma das entidades ajuda a perpetuar os sintomas indesejados em escala crescente, uma vez solucionados os sintomas indesejados, esta mesma relação tenderá a se perpetuar por meio de um ciclo virtuoso.

EESC-USP Biblioteca Campus de S. Carlos

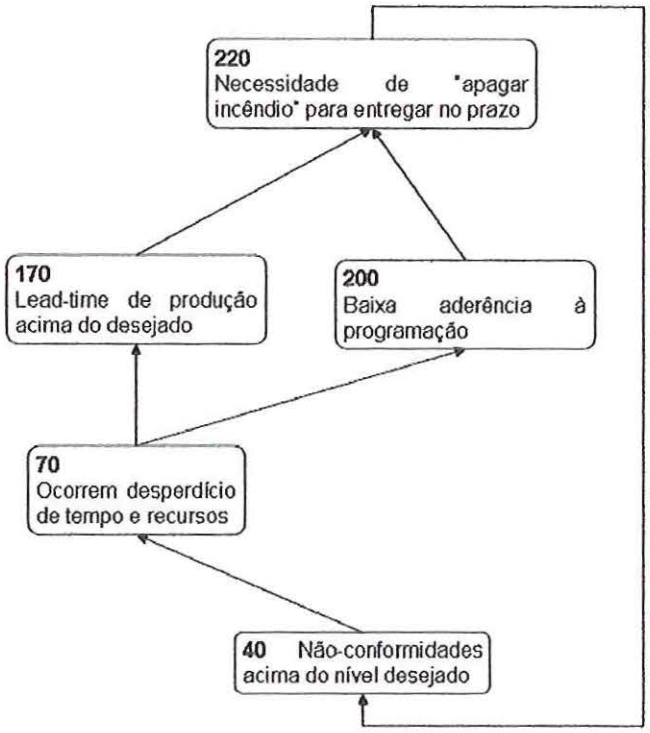


Figura 44: Visão isolada do ciclo vicioso presente na ARA

A ausência de um mecanismo de programação diária de componentes (**210**) leva à necessidade de uma programação semanal da produção (**230**). A programação semanal, juntamente com a demora por parte de alguns clientes em definir detalhes do produto e alterar a data de entrega desejada (**300**), somada à ocorrência de desperdícios do sistema produtivo (**70**), resultam em uma baixa aderência à programação (**200**).

A falta de comprometimento da mão-de-obra (**150**) ou a necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo (**220**), resultam em uma queda acentuada de produtividade em relação a períodos passados (**120**). É importante frisar que a o fenômeno de "apagar incêndio" e o próprio comprometimento da mão-de-obra, têm origem nas suas próprias entidades geradoras (por causa e efeito), que precisarão ser atacadas.

Foi relatada a existência de tentativas de melhoria anteriores que não deram certo (**160**), o que gerou certa descrença quanto à processos de melhoria (**180**). A descrença existente (**180**), juntamente com a ausência de um sistema de medição

de desempenho (**110**) e com a existência de trabalhadores pouco qualificados (**140**) gerou uma falta de comprometimento da mão-de-obra (**150**).

A queda de produtividade (**120**) e a alta sazonalidade de vendas (**310**) resultaram em uma necessidade crescente de horas-extras (**130**). Neste ponto, vale a pena mencionar que a sazonalidade do volume de vendas é bastante evidenciada, tendo seu pico pronunciado no último trimestre do ano, em decorrência do crescimento econômico característico deste período culminando na necessidade de atendimento de uma demanda reprimida dos demais períodos do ano.

A necessidade crescente de horas-extras (**130**), e a alta incidência tributária sobre a mão-de-obra (**330**), resultam em um preço médio maior do que o praticado pelos concorrentes (**270**) para produtos similares e um alto custo operacional (**240**). Obviamente, a incidência de tributos estará fora do escopo do projeto, o que será comentado posteriormente, mas o preço médio é resultado de outros fatores que ficam evidenciados pela exposição das causas deste efeito.

O baixo nível de crescimento econômico (**340**), como era o apresentado no cenário nacional no período deste estudo, resultou em uma queda do nível de renda da classe média (**320**). Obviamente, este fato não gerou este resultado somente nesta camada da população, mas o efeito sobre esta foi o que mais impacto gerou sobre a demanda, uma vez que é o público alvo dos produtos oferecidos pela empresa.

Esta queda no nível de renda do público alvo do negócio (**320**), o aumento do número de concorrentes (**260**) e a inexistência de outro fator competitivo proporcionado pela empresa, a não ser o preço, fazem surgir a necessidade de competição por preço (**280**), mesmo em um mercado relativo a produtos diferenciados.

Se há a necessidade de competição por preço (**280**) e o preço médio é maior do que o praticado pelos concorrentes (**260**) para produtos similares, então temos um baixo nível de conversão de orçamentos em pedidos (**290**). Ou seja, apesar de vários orçamentos solicitados pelos clientes, uma vez que a empresa possui uma marca já consagrada e produtos de extrema qualidade como diferencial, estes orçamentos não são convertidos em pedidos de compra, existindo uma relação abaixo do desejado para estes índices.

Se o nível de conversão de orçamentos em pedidos é baixo (**290**), então temos uma queda no número de peças vendidas (**250**). O alto nível de customização (**10**) resulta na existência de uma alta variedade de produtos (**20**). Esta alta variedade, juntamente com a queda do número de peças vendidas (**250**) resulta na presença de produtos com venda muito esporádica (**30**).

Universo de Controle e Esfera de Influência:

A definição do universo de controle foi relativamente direta, pois são os itens sobre os quais o time de produto possuía autoridade de mudança. No entanto, a esfera de influência e o ambiente incontrolável foram de identificação e delimitação mais trabalhosas.

Esta relativa dificuldade deveu-se ao fato de que o grau de influência variava dependendo do sentido que gostaríamos de dar ao projeto, mais prático e com resultados rápidos ou mais estratégicos, com resultados perceptíveis somente no longo prazo. Optou-se por uma abordagem mais clara e objetiva, até como uma forma de motivar a equipe de colaboradores para eventuais iniciativas estratégicas futuras, uma vez que resultados positivos já tivessem sido obtidos.

Além disso, podemos perceber que temos entidades que recaem sobre o controle governamental (como impostos e crescimento econômico), sobre decisões operacionais e estratégicas de vendas, além daquelas de controle direto. Dessa forma, as entidades presentes na ARA foram distribuídas de acordo com o nível de controle da equipe de projeto sobre elas, apresentadas nas tabelas 13, 14 e 15, a seguir:

Tabela 13: Efeitos Indesejáveis pertencentes ao Universo de Controle do Projeto

Universo de Controle	
40	Não conformidades acima do nível desejado
50	O arranjo físico não é otimizado
60	Excesso de movimentação
70	Ocorrem desperdício de tempo e recursos

80	Falta de um sistema de organização e limpeza
90	Excesso de transporte de materiais e equipamentos
100	Ambiente produtivo desorganizado
110	Ausência de um sistema de medição de desempenho
120	Queda de Produtividade
130	Necessidade de horas-extras crescente
140	Trabalhadores pouco qualificados
150	Falta de comprometimento da mão-de-obra
170	Lead-time de produção acima do desejado
190	Lead-time de entrega longo
200	Baixa aderência à programação
210	Não existe um mecanismo de programação diária de componentes
220	Necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
230	Programação semanal da produção
240	Altos custos operacionais
270	Preço médio maior do que o praticado pelos concorrentes para produtos similares
290	Baixo nível de conversão de orçamentos em pedidos

Tabela 14: Efeitos Indesejáveis pertencentes à Esfera de Influência dos membros do projeto

	Esfera de Influência
10	Alto nível de customização
20	Alta variedade de produtos
30	Presença de produtos com venda muito esporádica
180	Ocorre descrença com relação à processos de melhoria
250	Queda no número de peças vendidas
300	Clientes demoram muito para definir detalhes do produto
310	Alta sazonalidade de vendas

Tabela 15: Efeitos Indesejáveis pertencentes ao Ambiente Incontrolável

Ambiente Incontrolável	
160	Houve tentativas de melhoria anteriores que não deram certo
260	Aumento do número de concorrentes
280	Necessidade de competição por preço
320	Queda do nível de renda da classe média
330	Alta incidência tributária sobre a mão-de-obra
340	Baixo nível de crescimento econômico

A partir desta análise, podemos perceber que temos vinte e seis entidades (70%) que pertencem ao Universo de Controle dos membros do projeto, cinco delas (14%) estão na Esfera de Influência e seis (16%) residem no que foi considerado o Ambiente Incontrolável no qual a organização está inserida.

Neste contexto, podemos concluir que temos um cenário bastante favorável à implementação de melhorias, uma vez que grande parte dos EI's encontrados (84%) poderá ser combatida por meio de iniciativas de inteira competência e por influência indireta ou direta dos membros do projeto. Destes EI's que estão no Universo de Controle do Projeto, cerca de 80% pertencem à categoria de processo, ou seja, poderão ser combatidos por meio de iniciativas de melhoria atribuídas ao processo produtivo.

4.2.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valor Atual

A construção do Mapa do Fluxo de Valor atual iniciou-se pelo levantamento dos produtos fabricados pela empresa, e a definição das famílias a serem mapeadas. Na empresa em questão, é freqüente a customização e a grande variedade de modelos de produtos.

A definição das famílias de produtos acabados não poderia ser feita por meio da seqüência de processos, uma vez que os mesmos apresentavam diferenças significativas de um produto para outro.

A tabela 16, a seguir, apresenta a separação de famílias comerciais e sua respectiva percentagem relativa de vendas.

Tabela 16: Famílias comerciais e percentagem relativa de vendas

FAMÍLIA CAMA	**45%**
Camas	35%
Cabeceiras	7%
Bicamas	3%
FAMÍLIA CRIADO	**43%**
Criado	30%
Cômodas	7%
Móveis para TV	6%
FAMÍLIA MESA	**6%**
Escrivaninha	4%
Mesa	1%
Bancos	1%
DIVERSOS	**6%**

Tomando-se por base os dados desta tabela, foram priorizados os esforços de melhoria e padronização na direção das famílias de camas e criados, que juntos correspondiam a mais de 85% do volume total de vendas. Neste sentido, melhorias nos processos de produção destes itens iriam representar maior impacto positivo à organização.

Devido à grande variedade de peças, e componentes, foi realizado um Mapa do Fluxo de Valor Atual não detalhado, mas sim com uma visão geral do processo produtivo. Esforços no sentido de um maior detalhamento dos processos produtivos foram procedidos, uma vez identificadas as necessidades e oportunidades de melhorias.

Na figura 45, a seguir, temos uma visão geral do sistema produtivo, onde podemos identificar os macro-processos produtivos (extração, usinagem, montagem, acabamento e lustração, embalagem e expedição):

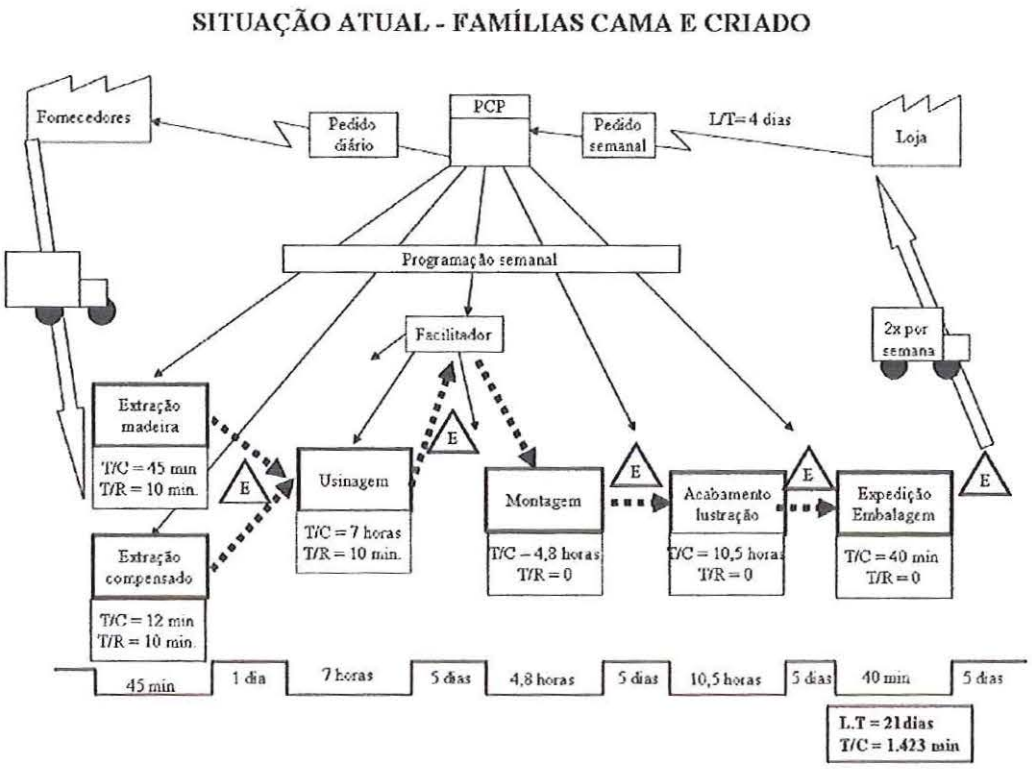


Figura 45: Visão Geral do Fluxo de Valor Atual

Durante a coleta de dados para a construção do mapa, podemos perceber que grande parte dos estoques intermediários existentes decorria da programação ser feita semanalmente. Este fato levava ao processamento "em lote" dos componentes, que ficavam aguardando dias até a sua utilização no processo seguinte.

Além disso, é importante enfatizar que o envio dos itens aos processos consumidores era feito de forma empurrada, e não de acordo com a taxa de consumo do processo restritivo, ou mesmo do processo seguinte.

4.3. Desenvolvimento da Situação Futura

De acordo com o método proposto, o desenvolvimento da situação futura do sistema se dará por meio da construção da Árvore da Realidade Futura (ARF), a partir da ARA e do Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro.

A seguir é apresentado o processo de desenvolvimento utilizado para cada uma destas ferramentas.

4.3.1 Construção e Análise da Árvore da Realidade Futura

A construção da ARF teve início a partir da lista dos primeiros efeitos indesejáveis que compuseram a ARA, e a formulação de seus relacionamentos opostos (ED's – Efeitos Desejáveis). Esta lista inicial está apresentada na tabela 17, a seguir:

Tabela 17: EI's iniciais e seus correspondentes ED's (Efeitos Desejáveis)

Efeitos Indesejáveis (EI's)	Efeitos Desejáveis (ED's)
Aumento dos custos com horas-extras	Diminuição dos custos com horas-extras
Falta de aderência à programação	Aumento da aderência à programação
Movimentação excessiva de pessoal	Não há movimentação excessiva
Transporte excessivo de material	Não há transporte excessivo
Falta de padronização do trabalho	O trabalho é padronizado
Desorganização do ambiente produtivo	Ambiente produtivo organizado

A seguir, foram adicionadas as injeções que foram provenientes da ARA, por meio da identificação de quais entidades poderiam representar causas-raiz dos efeitos (itens preenchidos na ARA – item 7.1).

As injeções foram posicionadas na parte inferior da ARF, e foram sendo construídos os relacionamentos que ligam as injeções aos ED's mencionados.

A Árvore da Realidade Futura construída está apresentada no anexo (item 7.2). A maioria das injeções configura-se como iniciativas que devem ser implementadas e terão o seu plano de implementação apresentado, de acordo com o método proposto, na Árvore de Implementação.

Vale ressaltar que, assim como na construção da ARA, as entidades não foram numeradas quando da sua construção por meio de *brainstorm* e análise das

relações. As entidades foram numeradas posteriormente, não sendo necessária a existência de uma ordenação lógica desta numeração.

Após a construção da ARF, procedemos a uma leitura completa de sua estrutura em busca de um entendimento completo de suas entidades e de checagem dos relacionamentos existentes entre elas. Esta leitura se dá de baixo para cima, no sentido da relação de causa e efeito existente.

Leitura da Árvore da Realidade Futura:

A injeção (**60**): Padronização de operações para fabricação de componentes resultará no efeito desejável (**110**), o trabalho é padronizado. A injeção (**70**): Otimização celular do arranjo físico, resultará em um arranjo físico não totalmente funcional (**150**). O arranjo físico não totalmente funcional (**150**), resultará em um arranjo físico otimizado (**170**), de acordo com as particularidades do processo produtivo.

Estas particularidades dizem respeito, por exemplo, ao fato de que os produtos são customizados (**80**), sendo esta uma característica e um diferencial do negócio que deverá ser preservado. No entanto, mesmo com produtos customizados, a presença de um arranjo físico otimizado (**170**) ou um trabalho padronizado (**110**) para fabricação de componentes, resultará em uma operação produtiva menos afetada pela customização (**90**).

Ainda, com o arranjo físico otimizado (**170**), a movimentação (**190**) e o transporte (**200**) não serão excessivos.

A injeção (**160**): Implantar um Sistema 5S, resultará na existência de um Sistema de Organização e Limpeza (**100**), que resultará em um ambiente produtivo melhor organizado (**180**). Este último efeito desejável, assim como uma movimentação ou transportes não excessivos (**190**) ou (**200**), resultarão em um menor desperdício de tempo e recursos (**220**).

A injeção (**130**): Criação de um sistema de programação da produção diário, juntamente com o trabalho padronizado (**110**), que deverá permitir aos gestores do sistema produtivo uma estimativa realista dos recursos (máquinas e operadores) necessários a um determinado conjunto de tarefas, permitirá existir um sistema de programação diária da produção (**120**).

A injeção (**140**): Criação de um sistema visual de acompanhamento da produção e a presença de um sistema de programação diário (**120**) levará a um aumento da aderência à programação (**210**).

Este aumento da aderência à programação feita (**210**), conduzirá a uma maior previsibilidade de uso de recursos (**330**); e juntamente com o menor desperdício de tempo e recursos (**220**), levará à uma diminuição do *lead-time* de produção (**230**).

Alguns clientes preferem prazos maiores de entrega (**340**), pois "percebem" maior exclusividade por meio de um maior tempo de entrega do móvel (**360**), ou pelo fato de que vários decoradores compram os móveis projetados, mesmo sem o imóvel estar pronto (**350**).

Estes fatos, aliados à diminuição do *lead-time* de produção (**230**), proporcionará uma maior flexibilidade de entrega (**310**), podendo-se "atrasar" a programação de um pedido com base na data prometida ao cliente.

Adicionando-se o aumento da aderência à programação (**210**), não ocorrerá mais a necessidade de "apagar" incêndio para entregar no prazo (**240**).

A injeção (**10**): Criar e implantar um plano de capacitação e qualificação dos trabalhadores levará à presença de trabalhadores mais qualificados (**30**).

A injeção (**20**): Criar e implantar um sistema de medição de desempenho, juntamente com o efeito desejável (**30**), trabalhadores mais qualificados, levará ao aumento do comprometimento da mão-de-obra (**40**), e a uma queda do número de não-conformidades (**50**) presentes no sistema produtivo.

A queda no número de não-conformidades (**50**) conduzirá a um menor número de alegações de assistência técnica devido à defeitos de fabricação (**320**) e contribuirá também para um menor desperdício de tempo e recursos (**220**).

Vale lembrar que, assim como estava presente na leitura da ARA, as não-conformidades são causadas, em parte, pela necessidade de "apagar" incêndio para entregar no prazo (**240**), que será eliminada por meio da diminuição dos desperdícios (**220**).

Assim como na ARA, presenciamos a existência de um ciclo vicioso, com a existência das injeções propostas, o mesmo ciclo vicioso transforma-se em um ciclo virtuoso, contribuindo para uma performance cada vez melhor do sistema.

Além disso, uma vez implementadas as injeções, a presença de ciclos virtuosos traz maior robustez ao sistema, prevenindo-o de retornar ao cenários indesejável presente na ARA.

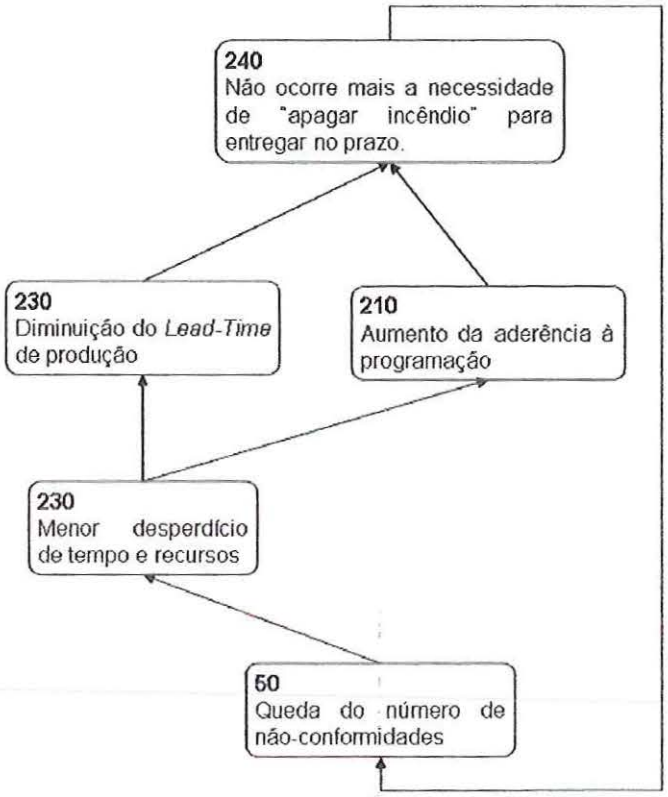


Figura 46: Visão isolada do ciclo virtuoso presente na ARF

O aumento do comprometimento da mão-de-obra (**40**), juntamente com a não necessidade de "apagação" de incêndios, proporcionará um aumento da produtividade (**250**), que deverá conduzir a uma diminuição dos custos com horas-extras (**260**).

A diminuição dos custos com horas-extras (**260**) fará com que os custos operacionais sejam menores (**270**).

Dois fatos presentes no mercado específico analisado mostram que: existe uma alta sazonalidade de vendas (**300**), e devido à esta sazonalidade, mais pronunciada no último trimestre no ano, existem clientes que estão dispostos a pagarem mais por uma entrega mais breve (**290**), por exemplo antes das festas de final de ano.

A maior flexibilidade de entrega (**310**), faz com que possam ser feitas entregas em tempos menores (**370**), que juntamente com a presença de clientes dispostos a pagarem mais por uma entrega mais rápida (**290**) e a diminuição dos custos com horas-extras (**260**), proporcionarão uma maior flexibilidade de preço (**280**).

Portanto, a lista de injeções apresentada na Árvore da Realidade Futura foram:

- Padronização de operações para fabricação de componentes;
- Otimização celular do Arranjo Físico;
- Criação de um Sistema Visual de Acompanhamento da produção;
- Criação de um sistema de programação da produção diário;
- Criação e implementação de um Sistema de Medição de Desempenho;
- Criação e implantação de um Plano de Capacitação e qualificação dos trabalhadores;
- Implementar um Sistema de 5S

A ferramenta da Árvore da Realidade Futura possibilitou aos participantes terem a real dimensão dos efeitos de cada uma das injeções. Dois principais benefícios da aquisição desta visão foram:

1. Evitar a criação de expectativas futuras possivelmente frustradas: não foram alimentadas expectativas intangíveis, fora do escopo do projeto, ou ainda inalcançáveis em um determinado momento específico. Percebe-se que esta visão foi facilitada por meio do processo de construção da ARF a partir da ARA, fazendo com que os gestores tivessem uma visão sistêmica do estágio atual dos parâmetros-alvo analisados;

2. Proporcionar motivação da equipe de projeto: o aumento da motivação ocorre, por meio da percepção mais clara, da equipe de projeto, dos efeitos benéficos

das injeções propostas. Isto veio a estimular a imediata criação de planos de ações para cada uma das injeções.

Além dos benefícios anteriormente citados, neste caso, estavam presentes várias injeções, e a ARF permitiu que ficassem claros quais seriam os benefícios (efeitos) de cada uma das injeções, o que facilitou a criação de métricas (quais parâmetros seriam afetados) para a análise do sucesso de cada uma delas.

4.3.2 Construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro

A construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf) foi realizada juntamente com a definição das injeções presentes na ARF. As injeções foram, portanto, posicionadas no sentido de modificações do fluxo de valor propriamente dito, e também algumas delas na forma *kaizens*.

No contexto das propostas de melhoria apresentadas, as seguintes iniciativas / injeções passaram a fazer parte do MFVf:

- ✓ Substituição do sistema de programação da produção semanal e por peças, para uma programação diária de componentes;
- ✓ Implementação de células de manufatura para a produção destes componentes, ao invés do posicionamento funcional de máquinas presente na situação atual;
- ✓ Introdução de quadros de programação visual, tanto para as células como para o processo restritivo;
- ✓ Substituição do sistema empurrado por um sistema misto, baseado no consumo do recurso restritivo;

Na figura 47, a seguir, temos a representação do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf), construído. No mapa, podemos perceber que a programação passou a ser feita em bases diárias.

Percebe-se, ainda, que é possível a sensível diminuição do nível de estoques intermediários entre os processos produtivos, além de formar-se um "pulmão" de itens, posicionado antes do recurso restritivo (montagem).

A gestão visual a ser implantada permitirá a indicação do consumo diário, sendo apontada após o processo de montagem, fornecendo informações sobre

a base de consumo do pulmão, e disparando as decisões de programação diária aos setores anteriores ao pulmão.

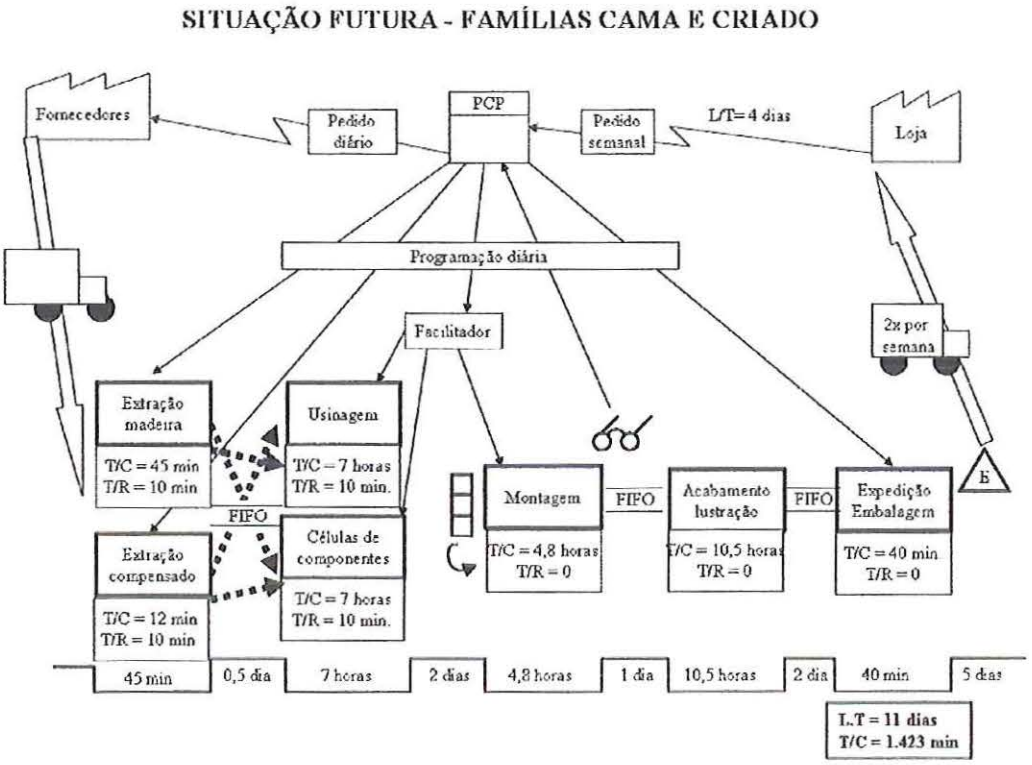


Figura 47: Visão Geral do Mapa do Fluxo de Valor Futuro (MFVf)

As injeções não apresentadas claramente no MFVf, mas que podem ser interpretadas sob a forma de *kaizens*, são:

- Padronização de operações para fabricação de componentes;
- Criação e implementação de um Sistema de Medição de Desempenho;
- Criação e implantação de um Plano de Capacitação e qualificação dos trabalhadores;
- Implementar um Sistema de 5S.

A construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro trouxe um entendimento dos impactos diretos das mudanças sobre o fluxo de valor da empresa.

Algumas deficiências, eventualmente, apontadas por esta ferramenta, tais como sua incapacidade em lidar com o impacto das iniciativas em áreas correlatas da empresa (vendas, marketing, etc.); bem como sua interação com as

entidades sistêmicas presentes no ambiente externo, puderam ser relacionadas por meio da aplicação da ARF, apresentada no item anterior.

4.4. Árvore de Implementação

De acordo com o método proposto, o passo seguinte é a criação da Árvore de Implementação (AI), a qual é uma composição da Árvore de Pré-Requisitos (APR) e da Árvore de Transição (AT).

Neste item serão apresentadas as árvores AI's de cada uma das injeções (com suas ações e obstáculos, com a respectiva precedência). Na seqüência, serão apresentados os *loops*, ou fases, de implantação das injeções. E, no item seguinte (4.5) serão indicadas as ações tomadas e os resultados obtidos ao final do projeto em questão.

A injeção **Padronização de Operações de Fabricação** (entidade 60 da ARF), foi a primeira a ser implementada, pois não aparentava possuir precedências diretas com relação à ações presentes em outras injeções.

Além disso, a padronização e o conhecimento detalhado das operações, obviamente, poderia fortemente configurar-se como um pré-requisito à implementação de outras iniciativas, tais como mudanças de arranjo físico, medição de desempenho, etc.

Para esta injeção, portanto, foram levantados os seguintes obstáculos:

- Os produtos são customizados e com grande variedade de produtos finais;
- A demanda é expressa somente em termos de produtos finais, e não em componentes de cada um dos produtos;
- Não existem dados consolidados sobre os processos produtivos;
- Os processos de cada componente, e de cada produto final, são diferentes;
- Não existe um processo-padrão para execução de cada um dos componentes;
- A produção não é orientada por componentes;

➢ Não existe uma forma de divulgar e formalizar aos operadores a programação e o processo de fabricação de cada componente;

No decorrer do surgimento de cada um dos obstáculos, foi sendo endereçada uma ação específica para combatê-lo. Na tabela 18, a seguir, temos a ação específica a cada um destes obstáculos:

Tabela 18: Obstáculos e Ações para a Injeção de Padronização das Operações

Obstáculo	Ação
Produtos customizados e com grande variedade de produtos finais	Definir famílias e desagrupá-las em seus componentes "padrão";
A demanda é expressa somente em termos de produtos finais	"Explodir" a demanda por componentes
Não existem dados sobre os processos produtivos dos componentes	Mapear os processos produtivos de cada componente
Os processos de cada componente são feitos de forma diferente	Padronizar o processo de produção de cada componente
Não existe uma programação padrão dos componentes	Criar e padronizar a programação diária de componentes
A produção não é orientada por componentes	Programar a produção por componentes
Não existe uma forma de divulgar e formalizar aos operadores a programação e o processo de fabricação de cada componente	Montar quadro de programação por componente, máquina e operador;

O passo seguinte foi estabelecer a seqüência em que estas ações seriam feitas e relacionar os que seriam afetados por cada uma delas. A figura 45, a seguir, apresenta a Árvore de Implementação referente à injeção em questão:

A ordem cronológica apresentada para as atividades presentes na AI estabelece-se de cima para baixo. Ainda, podem existir atividades em série (cuja precedência direta deve ser obedecida), ou em paralelo (posicionadas lado a lado),

que podem, eventualmente, serem executadas simultaneamente dependendo da disponibilidade de recursos à sua execução.

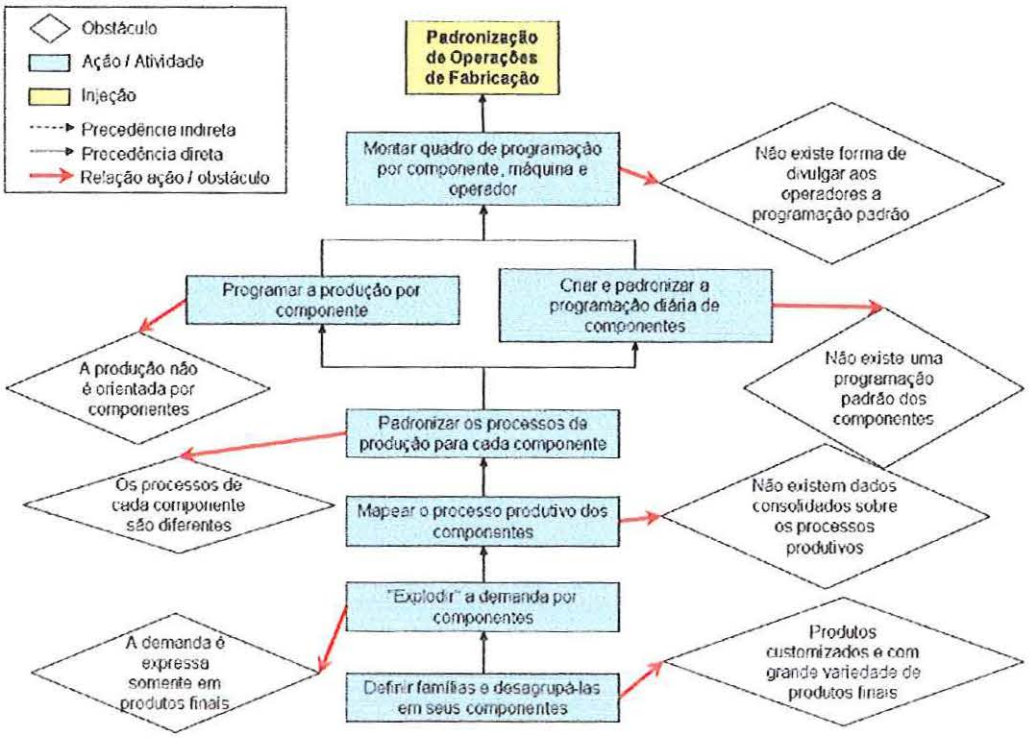


Figura 48: Árvore de Implementação da Padronização de Operações de Fabricação

A injeção a ser detalhada foi a **Otimização do Arranjo Físico** (entidade 70 da ARF). A escolha desta injeção deveu-se, principalmente pela percepção dos agentes de mudança de que os ganhos proporcionados por esta melhoria ajudaria, sensivelmente, a sustentar o curso necessário às mudanças previstas.

Para esta injeção foram levantados, portanto, os obstáculos e as respectivas ações, apresentados na tabela 19, a seguir:

Tabela 19: Obstáculos e Ações para a Injeção de Otimização do Arranjo Físico

Obstáculo	Ação
Faltam dados sobre as máquinas específicas de cada processo	Identificar as máquinas em que cada operação é feita
Não há entendimento sobre o fluxo atual	Desenhar o fluxo produtivo atual

dos itens	
Não se sabe a real necessidade do número de máquinas	Dimensionar a utilização média esperada para cada uma das máquinas
Existem máquinas compartilhadas entre componentes	Definir localização de máquinas compartilhadas
O arranjo físico é funcional e não orientado por componentes e/ou famílias	Definir células de produção por família e componentes
Não existe localização padrão de operadores e máquinas	Posicionar operadores e máquinas no arranjo físico proposto
Falta de tempo para mudança de layout	Promover dia de mudança física de layout

A Figura 46, a seguir, apresenta a ordem das ações listadas na tabela anterior. Deve-se perceber que já são apresentadas precedências entre as ações necessárias à implantação de um layout otimizado e a ações presentes na injeção anterior (Padronização de Operações).

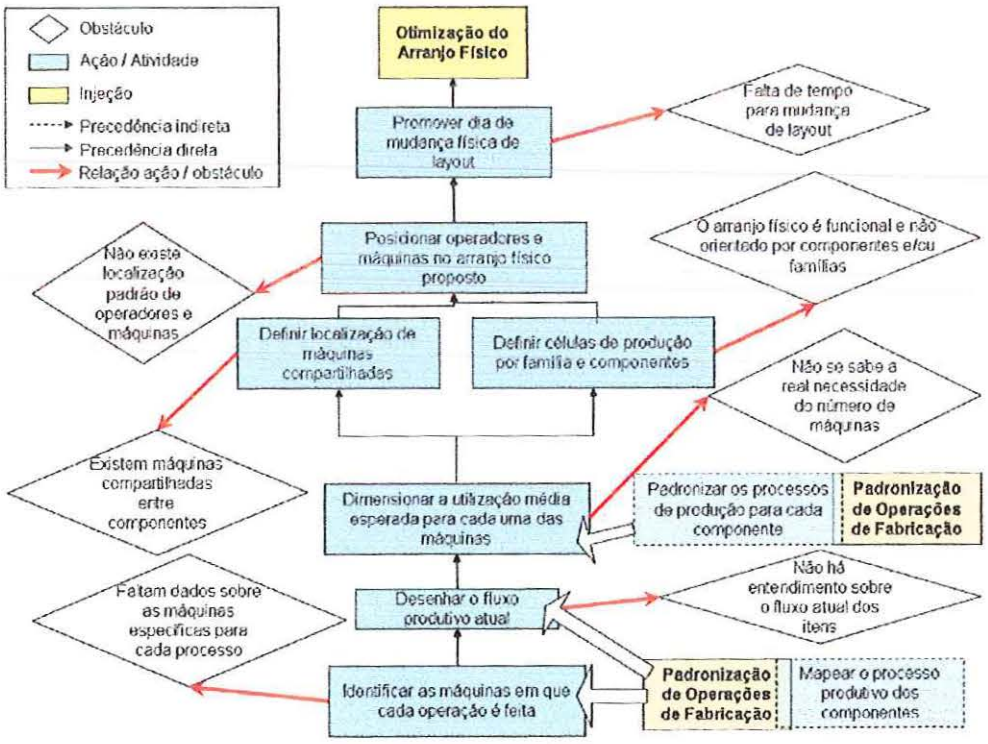


Figura 49: Árvore de Implementação da Otimização do Arranjo Físico

A injeção seguinte a ser implementada é a criação de um **Sistema de Gestão Visual** (entidade 140 da ARF), para acompanhamento da produção. As mudanças nos processos produtivos, e no próprio arranjo físico das máquinas e estações de trabalho, seriam grande fonte de entradas de informações e expectativas quanto ao comportamento esperado do sistema.

Neste sentido, percebe-se que grande parte dos obstáculos referentes à criação de um sistema visual de gerenciamento são compartilhados com as duas injeções para as quais foram criadas as AI's apresentadas nas figuras 45 e 46 anteriores.

A tabela 20, a seguir, apresenta estes obstáculos e as ações referentes à esta injeção:

Tabela 20: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema Visual de Gerenciamento

Obstáculo	Ação
Não existem critérios de medidas	Definir critérios-chave para cada setor
Existem máquinas compartilhadas entre componentes	Definir um método visual de priorização de tarefas para máquinas compartilhadas
Não existe uma programação diária "padrão" para componentes	Desenhar quadros de acompanhamento visual por componente, operador e máquina.
O arranjo físico é funcional e não orientado por componentes e/ou famílias	
Não existem quadros de programação	Produzir e instalar os quadros
Os operadores não saberão usar os quadros	Treinar os operadores para preenchimento dos quadros

Na Figura 50, a seguir, temos apresentada a AI para a injeção de criação de um sistema visual de gerenciamento. Nesta figura, mesmo tendo-se ainda uma visão isolada da injeção em questão, percebem-se os obstáculos comuns às injeções anteriores (apresentados com contornos tracejados), e as ações que já teriam sido tomadas quando da implementação da respectiva injeção precedente.

Esta ação é indicada junto ao obstáculo comum (tracejado), e apresenta também a citação da injeção à qual se refere.

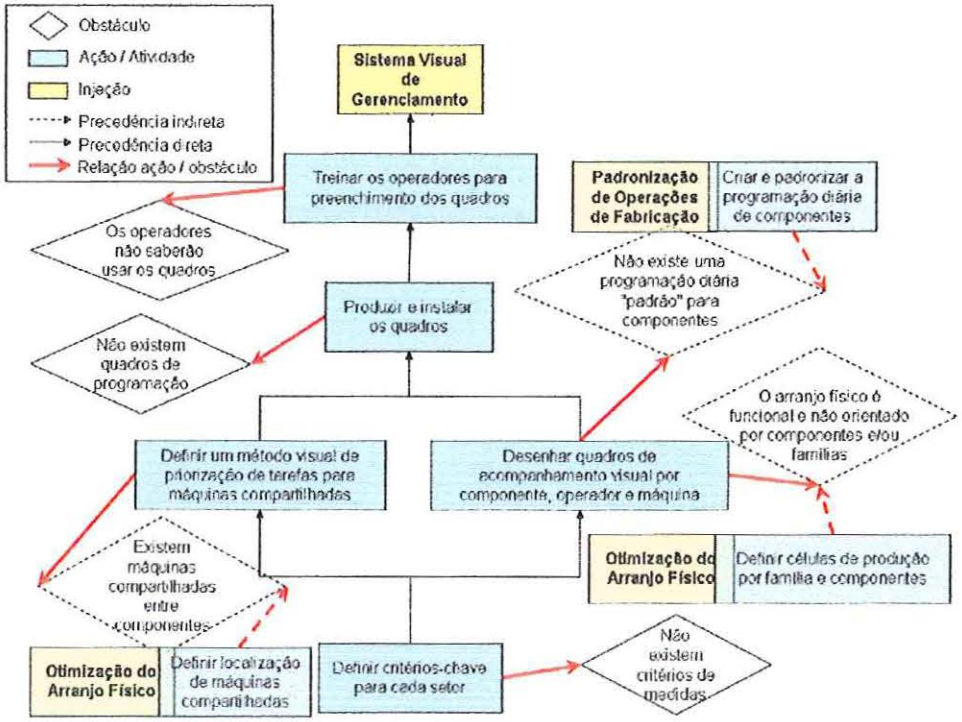


Figura 50: Árvore de Implementação do Sistema Visual de Gerenciamento

Vale ressaltar que o tipo de notação apresentada aqu foi definida pelo autor do presente trabalho, não se tratando portanto de um padrão obrigatório.

No entanto, em projetos de relativa complexidade, onde não é possível desenhar-se todas as AI's em um único espaço, para serem percebidas as relações entre elas, faz-se necessário estabelecer-se um padrão comum a todos os membros do projeto para uma melhor compreensão e acompanhamento de seu desenvolvimento.

A injeção seguinte a ser trabalhada foi a de criação de um **Sistema de Medição de Desempenho** (entidade 20 da ARF). Esperava-se também, que esta iniciativa estivesse relacionada às ações anteriormente tomadas, com o estabelecimento de padrões de comportamento para cada setor, mas também

priorizando-se sua implementação ao setor restritivo do sistema (setor de montagem), de modo que os efeitos desejáveis presentes na ARF fossem reais.

A tabela 21, a seguir, apresenta obstáculos e as ações referentes a esta injeção, e a Figura 51, na seqüência, mostra o relacionamento completo das ações e destes obstáculos:

Tabela 21: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema de Medição de Desempenho (SMD)

Obstáculo	Ação
Produtos customizados e com grande variedade de produtos finais	Criar um parâmetro comum de medição de desempenho (pontos)
O ritmo de produção dos setores é diferente	Vincular o SMD ao ritmo do gargalo
Os montadores possuem qualificações diferentes	Vincular as metas e quotas à qualificação dos operadores
Falta de reconhecimento	Vincular o SMD ao sistema de remuneração
Aumento de erros para "cumprir metas"	Vincular as não-conformidades ao SMD
Falta de divulgação e acompanhamento visual do desempenho	Desenhar quadros de acompanhamento visual por operador
Receio dos operadores quanto à iniciativa	Promover treinamentos e palestras mostrando ganhos

As Árvores de Implementação para as injeções anteriores apresentavam obstáculos diretamente precedentes e ações indiretas (tomadas nas injeções anteriores). No caso da figura 48, relativa ao Sistema de Medição de Desempenho, temos uma ação direta (representada também com linha tracejada) proveniente da injeção do Sistema Visual de Gerenciamento.

Esta peculiaridade surgiu em função da necessidade premente de divulgação constante e visível dos resultados obtidos no sistema de avaliação a ser implementado.

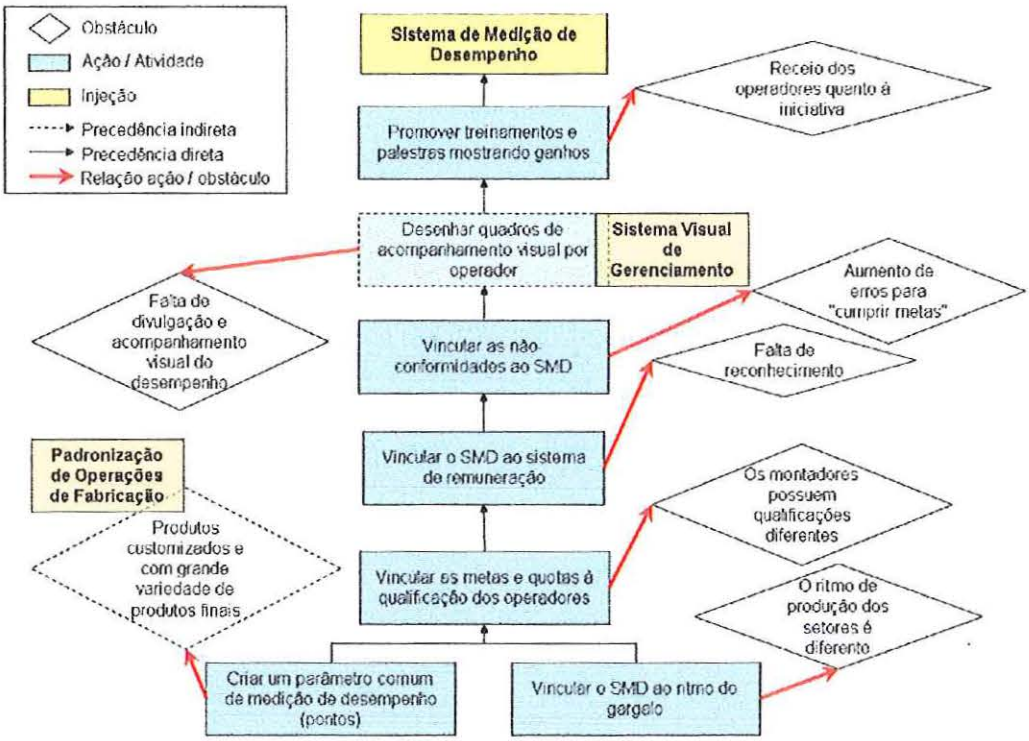


Figura 51: Árvore de Implementação do Sistema de Medição de Desempenho

A injeção a ser desenvolvida a seguir foi a criação de um sistema formal de **Programação Diária de Pedidos** (entidade 130 da ARF). Apesar da padronização das operações ter sido realizada logo no primeiro momento, para a criação de um sistema de programação diária, esperava-se que o mesmo respondesse com base no histórico e na produção real do recurso restritivo.

Desta forma, ter-se-ia um mecanismo regulado pelo ritmo de produção do recurso restritivo, e também presente na literatura referente à Teoria das Restrições como o sistema de programação Tambor-Pulmão-Corda.

Neste sentido, fazia-se necessária a análise de históricos de consumo e produtividade do recurso restritivo, que poderiam ser obtidos somente mediante a efetiva aplicação a análise dos resultados na injeção anteriormente do Sistema de Medição de Desempenho.

A tabela 22, a seguir, apresenta obstáculos e as ações referentes a esta injeção, e a Figura 49, na seqüência, mostra o relacionamento completo das ações e obstáculos.

Tabela 22: Obstáculos e Ações para a Injeção: Sistema de Programação Diária de Pedidos

Obstáculo	Ação
Aumento de estoque em processo	Programar com base no consumo do recurso restritivo
Falta de parâmetro para dimensionar o pulmão	Checar históricos de consumo e produção do SMD (injeção anterior)
Dificuldade em saber a capacidade esperada de operação	
O recurso restritivo não pode parar por falta de peças	Dimensionar "pulmão" de peças antes do recurso restritivo
Não existem pontos intermediários de controle	Definir método e pontos da produção para controle
Os itens de um pedido não podem ser fabricados em períodos diferentes	Programar os pontos com base nos pedidos completos em carteira
Não há ferramenta formal para programação de itens	Montar planilha para acompanhamento da programação

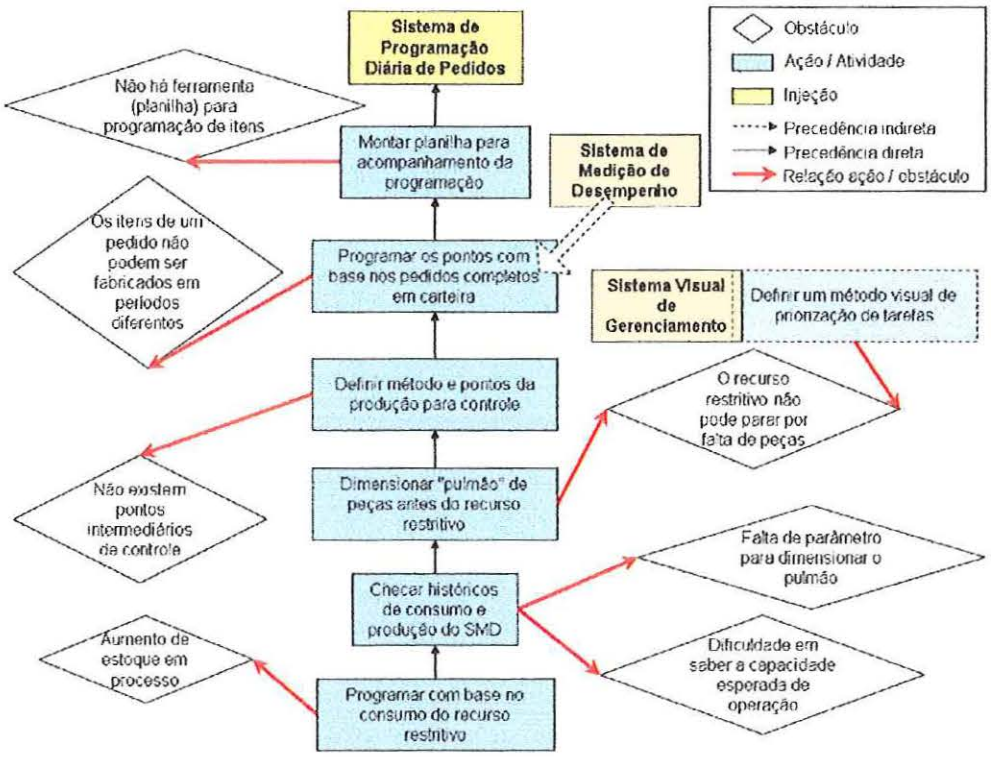


Figura 52: Árvore de Implementação Sistema de Programação Diária de Pedidos

A injeção planejada na seqüência foi a de criação de um **Plano de Capacitação** de operadores (entidade 10 da ARF). Os benefícios e as formas mais usuais de promover esta capacitação foram descrita no item 2.3 deste trabalho (Operadores Multifuncionais). Portanto, o rumo de ações a serem descritos irão basear-se também nos pontos apresentados na revisão bibliográfica citada.

A tabela 23, a seguir, apresenta obstáculos e as ações referentes a esta injeção, e a Figura 50, na seqüência, mostra o relacionamento completo das ações e obstáculos.

Tabela 23: Obstáculos e Ações para a Injeção: Plano de Capacitação

Obstáculo	Ação
Os montadores possuem qualificações diferentes	Levantar as capacitações atuais dos operadores de usinagem e montagem
Falta de motivação dos funcionários	Mostrar como poderão melhorar seu desempenho, remuneração e empregabilidade

Falta de tempo e investimentos	Promover treinamento cruzado (entre operadores)
	Dividir o plano de implementação em fases
	Promover o nivelamento com peças de pedidos existentes

No caso desta injeção, temos um obstáculo que necessita de três ações para ser "quebrado". Mais uma vez, o relacionamento entre um obstáculo e várias ações pode ser evidenciado pela AI.

Além disso, tomou-se a iniciativa, novamente, de iniciar-se o processo de nivelamento e elevação de habilidades dos trabalhadores atuantes no recurso restritivo, para que os resultados fossem realmente aproveitados de imediato. Com isto, o sistema responderia imediatamente às melhorias ali implantadas, uma vez que o mesmo regula o nível de saída do sistema.

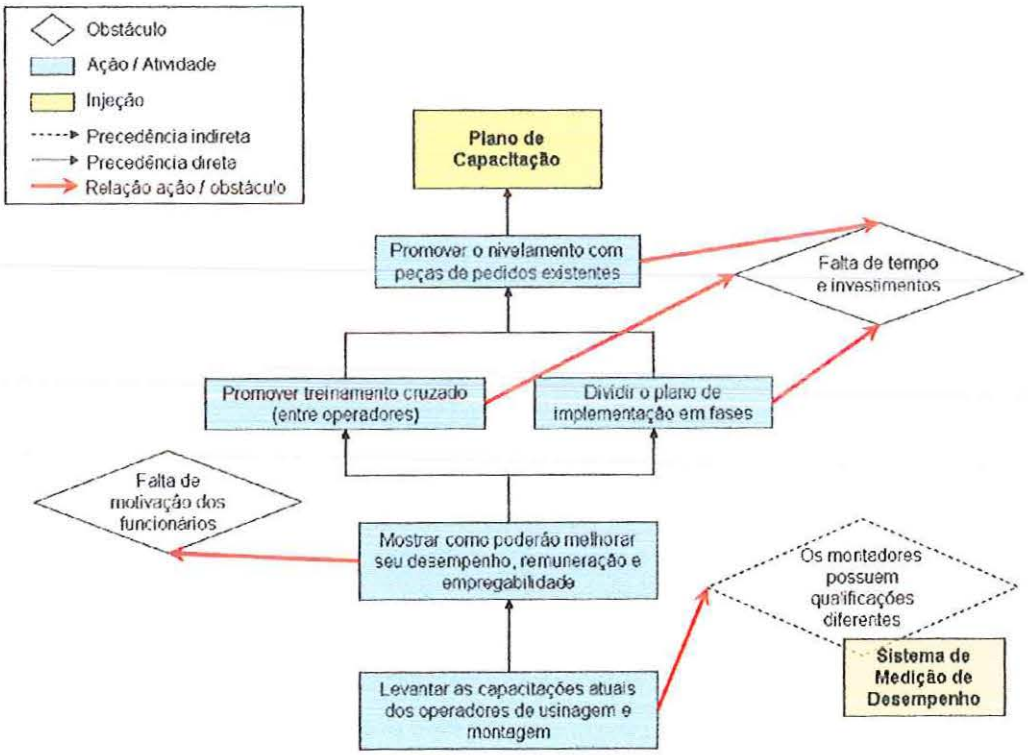


Figura 53: Árvore de Implementação do Plano de Capacitação

Por fim, decidiu-se o detalhamento da injeção que promovesse uma **melhor organização do sistema produtivo** (entidade 160 – da ARF). Na figura 54, mais adiante, poderemos perceber que ao detalharmos os obstáculos e ações necessárias à sua implementação, a mesma poderia ser implantada antes (logo depois do sistema de medição de desempenho).

No entanto, por uma decisão dos proprietários do sistema em questão, optou-se para esta iniciativa fosse realizada após todas as melhorias anteriores terem sido terminadas, de forma a gerar maior comprometimento com a iniciativa e "organizar o ambiente" após as modificações do mesmo já terem sido efetivadas.

O sistema de organização e limpeza do ambiente de trabalho adotado foi o 5S, cuja revisão bibliográfica foi apresentada no item 2.3 do presente trabalho.

A tabela 24, a seguir, apresenta obstáculos e as ações referentes a esta injeção.

Tabela 24: Obstáculos e Ações para a Injeção: 5S

Obstáculo	Ação
Falta de investimentos	Palestra para conscientização das lideranças
Falta de reconhecimento	Vincular o sistema de 5S ao SMD
Falta de comprometimento dos funcionários	
Resistência de funcionários	Palestra para conscientização dos operadores
Falta de treinamento	Realizar treinamento com exemplos de outras fábricas
Descomprometimento da média administração	Estender o 5S à área administrativa
Falta de tempo	Promover "Dia 5S"
Falta de criatividade para manutenção	Palestra com exemplos bons e ruins da implementação inicial

A Figura 54, na seqüência, mostra o relacionamento completo das ações e obstáculos.

No caso desta injeção, temos um obstáculo "Falta de reconhecimento", que para ser transposto necessita de duas ações, mas que apenas uma delas pode ser suficiente transpor o obstáculo. No entanto, nada impede que sejam tomadas ambas as ações (que foi o ocorrido no presente caso), pois uma destas ações (conscientização das lideranças) fazia-se necessária à outro obstáculo (Falta de investimentos).

Do mesmo modo, a segunda ação (Vincular o 5S ao SMD) era necessária para transpor um possível obstáculo de falta de comprometimento dos funcionários.

Neste caso, conforme apresentado na figura, o autor optou pela mesma notação presente na ARA, para indicar a relação "**...ou...**".

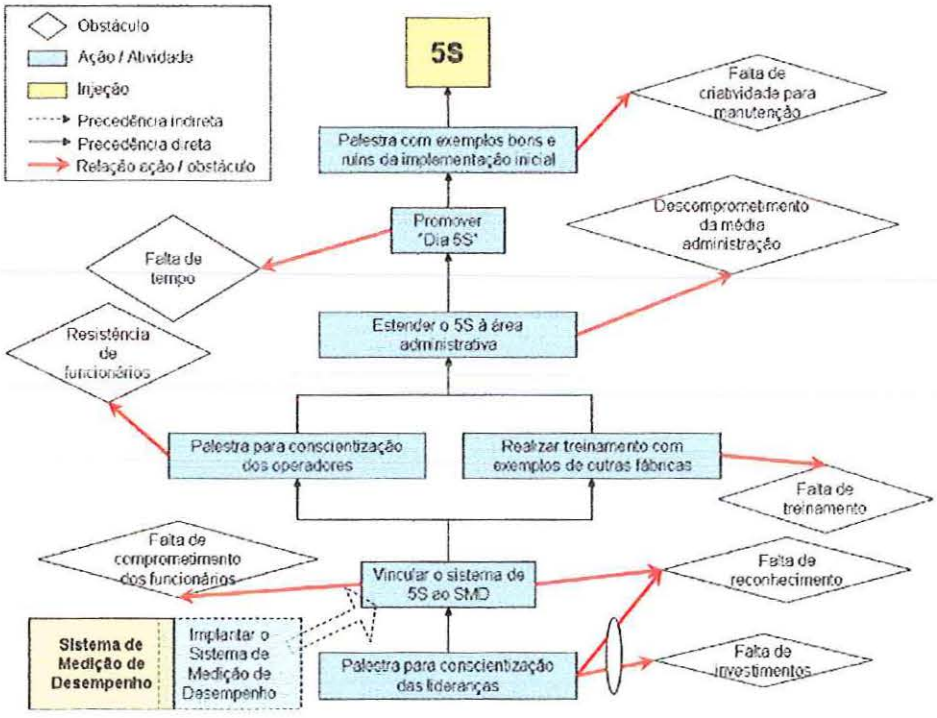


Figura 54: Árvore de Implementação da iniciativa de 5S

4.4.1 *Loops* de Implantação

Uma vez construídas as Árvores de Implementação, tem-se uma idéia bastante clara das ações necessárias à implantação de cada uma das injeções, bem como os obstáculos a serem transpostos claramente definidos.

Além disso, o conhecimento e entendimento dos relacionamentos de precedência entre as ações e obstáculos presentes em cada uma das injeções permitem traçar um cronograma de implantação das melhorias.

Desta forma, foram definidos três *loops* distintos para implantação do projeto. Estes *loops* (ou fases) levaram em consideração os recursos disponíveis, a ordem de prioridade dada pela alta gerência, e cujo impacto pode ser percebido pelas ferramentas apresentadas anteriores (tanto no Diagnóstico da Situação Atual como no Desenvolvimento da Situação Futura).

Desta forma, no item 6.3 (anexo), temos apresentado o primeiro *loop* de implementação, constituído das seguintes injeções, em ordem cronológica, obedecendo as precedências de ações de cada uma delas, apresentadas no item anterior:

- ✓ Padronização de Operações de Fabricação;
- ✓ Otimização do Arranjo Físico;
- ✓ Sistema Visual de Gerenciamento;

Para esta primeira fase foi estimado um tempo de execução de cerca de três meses. Ou seja, permitiu-se a formação de um primeiro *check-point* do projeto, no qual os resultados obtidos poderiam ser avaliados, as prioridades poderiam eventualmente ser redefinidas, e o controle efetivo (por meio de eventuais ações corretivas) poderia ser realizado.

Não foi detalhado, neste instante, o tempo necessário a cada uma das atividades, o que poderia ser feito dependendo do grau de controle e do horizonte de planejamento desejados.

O segundo *loop* de implementação, anexo 6.4, apresentou a aplicação das seguintes injeções:

- ✓ Criação de um Sistema de Medição de Desempenho;
- ✓ Implantação de um Plano de Capacitação.

As injeções presentes nesta segunda fase possuíam precedências de ações e obstáculos daquelas já concluídas no primeiro *loop*, e também entre as mesmas. Desta forma, neste caso, obrigatoriamente, o sistema de medição de desempenho passou a ser desenvolvido anteriormente à segunda injeção.

Para esta segunda fase, foi estimado um tempo de conclusão e análise dos resultados de quatro meses.

O terceiro, e último *loop* de implementação, presente no anexo 6.5, compreende as seguintes ferramentas:

- ✓ Sistema de Organização e Limpeza;
- ✓ Sistema de Programação Diária de Pedidos;

As injeções presentes nesta terceira fase possuem precedência direta referente somente ao Sistema de Medição de Desempenho (Segundo *Loop*). Teoricamente, poder-se-ia ter um único *loop*, compreendendo todas as injeções da segunda e terceira fase. No entanto, a subdivisão destas injeções em mais de uma fase de projeto, permitiu a existência de mais um ponto de checagem formal sobre os resultados obtidos.

Neste sentido, teve-se um tempo maior para avaliação de resultados e colheita de dados de históricos (principalmente referentes ao SMD), que foram extremamente úteis para a condução das injeções seguintes, conforme seria esperado de acordo com as precedências indicadas nas AI's das respectivas injeções.

4.5. Condução e Resultados das Atividades

4.5.1 Primeiro *Loop*

Primeiro *Loop*: Padronização de Operações de Fabricação, Otimização do Arranjo Físico e Sistema Visual de Gerenciamento.

Para este primeiro *loop* previsto, primeiramente os produtos finais foram desagrupados em componentes cujos processos de produção foram mapeados. Estes componentes estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 25: Componentes das famílias

FAMÍLIA CAMA	FAMÍLIA CRIADO
Barras	Tampo
Estrados	Laterais
Almofadas	Gavetas

Procedeu-se, nas semanas seguintes ao processo de Mapeamento da Situação Atual para cada um destes componentes, com a coleta dos seguintes dados principais a cada um dos processos de fabricação: tempo de ciclo, tempo de troca, quantidade de operadores necessários, máquina utilizada, lote padrão produzido, etc.

Em seguida, cada um dos componentes teve seu processo produtivo padronizado, o que foi conduzido juntamente com os próprios operadores.

Foi, portanto, identificado o fluxo produtivo atual em detalhes, e ficou evidenciado que o arranjo físico funcional proporcionava um grande desperdício de movimentação (conforme indicado na ARA).

Figura 55: Excesso de movimentação e transporte decorrentes do Arranjo Funcional

O layout funcional foi substituído por um layout misto, composto por duas células dedicadas às famílias (CAMA e CRIADO), e seus respectivos componentes:

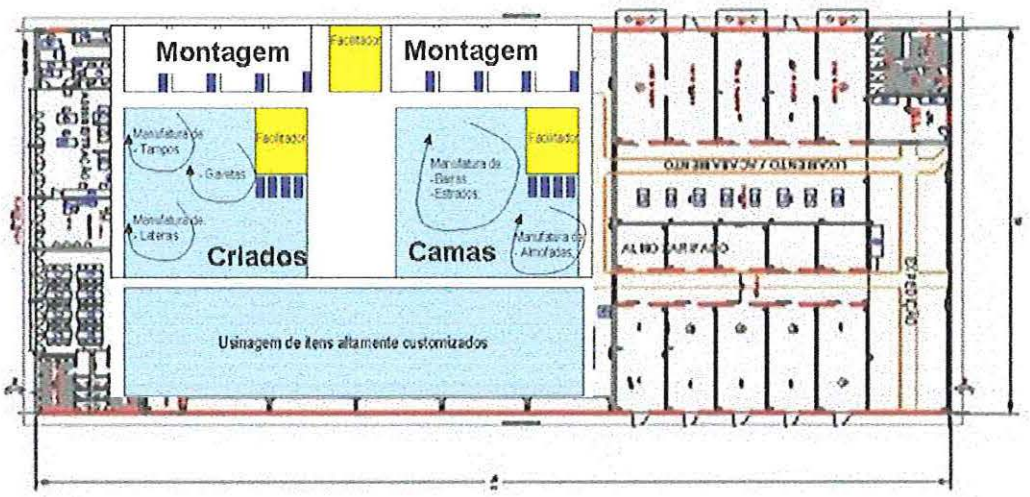


Figura 56: Layout Misto com células para fabricação de componentes

Na figura acima, podemos identificar as células dedicadas aos componentes de CRIADOS (tampos, laterais e gavetas) e de CAMAS (barras, estrados e almofadas). Também está presente uma área destinada à fabricação dos itens que são altamente customizados (com detalhes de entalhe especiais).

Para cada um destes setores, foram criados quadros visuais de programação para as máquinas e equipamentos. A figura 54, abaixo, mostra o quadro de programação utilizado para as células, e na figura 55 os quadros de programação das máquinas:

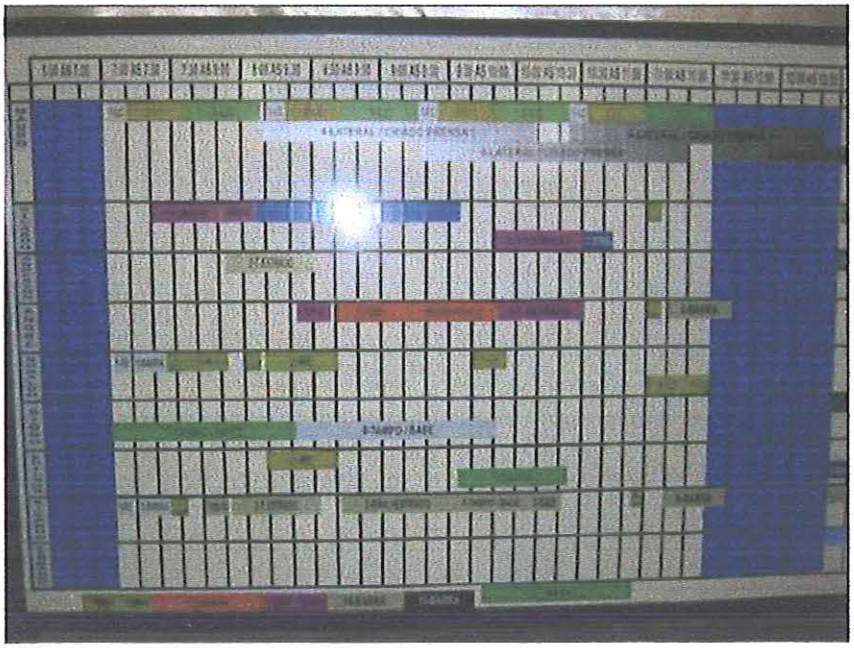


Figura 57: Quadro de programação das células

No quadro acima, as legendas de cada um dos itens são diferenciados pelas cores, com o tempo nas colunas e as atividades de cada operador delimitadas pelas linhas.

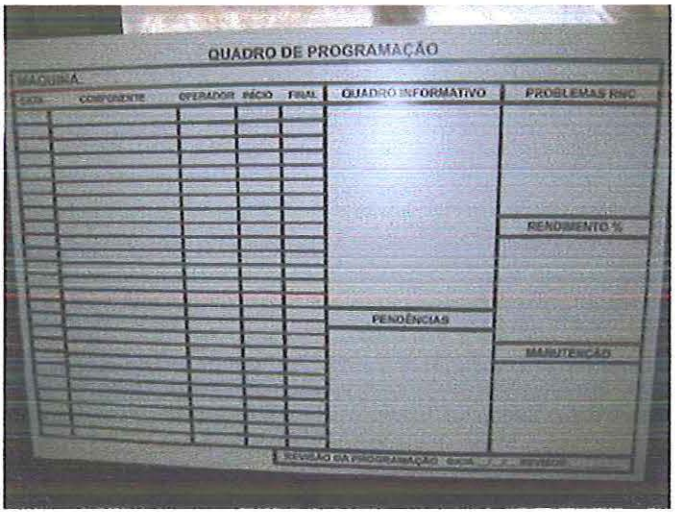


Figura 58: Quadro de programação das máquinas para itens customizados

4.5.2 Segundo *Loop*

Segundo *Loop*: Sistema de Medição de Desempenho e Plano de Capacitação.

Para este segundo *loop* previsto, foi criado o sistema de medição de desempenho, primeiramente para o recurso restritivo (montagem), e posteriormente estendido aos demais setores.

O SMD implantado teve como métrica principal "pontos" que eram diretamente proporcionais ao tempo de montagem, desta forma, a alta variedade de peças seria levada em consideração.

Da mesma forma, a capacitação inicial dos operadores (que estava vinculada ao nível salarial de cada um), também foi considerada para o estabelecimento de cotas mínimas e metas.

Caso o operador não atingisse a cota mínima, o saldo negativo acumularia para o período seguinte. Caso a cota fosse ultrapassada, o ganho salarial seria proporcional à percentagem em relação à cota. Caso o operador conseguisse ultrapassar a meta estabelecida, além do ganho proporcional, o mesmo receberia um adicional de 10% a título de bonificação por produtividade.

Para a implantação do plano de capacitação, foi formada uma matriz de treinamento, cujo esquema está apresentado na figura 56, a seguir.

	Família 1						Família 2					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Oper. 1	OP	OP	T				OK	OK	OK			
Oper. 2	OP	OP	T				OK	OK	OK			
Oper. 3												
Oper. 4	OK	OK	OK	OP	TR	T	OP	TR	TR			
Oper. 5							OK	OK	OK	OK	OK	OP
Oper. 6							OK	OK	OK	OK	OK	OK
Oper. 7							OK	OK	OK	OK	OK	OK
Oper. 8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OP	TR	T			

R	Restrito
OP	Apto para operar
OK	Apto para treinar
T	A ser treinado
TR	Em treinamento

Figura 59: Exemplo de matriz de capacitação de operadores

Na matriz apresentada, as colunas dizem respeito ao nível de dificuldade de cada item presente nas famílias (crescente de A à F), e as colunas aos respectivos operadores, com suas habilidades e planos de treinamento expressos pela legenda.

A adoção do sistema em questão resultou em um maior comprometimento dos operadores de todos os setores da fábrica, especialmente com relação à atenção que passou a ser dispensada quanto ao nível de produção do recurso restritivo. A sinalização e o empenho na busca por um nível de produtividade superior, por meio da adoção de políticas de treinamento e nivelamento de capacitação técnica (já mencionado), propiciaram um encorajamento na relação de confiança, de modo que os operadores passaram a se identificar com a política adotada pelos líderes do sistema produtivo.

4.5.3 Terceiro *Loop*

Terceiro *Loop*: Sistema de Organização e Limpeza (5S) e Sistema de Programação Diária de Pedidos

Para este terceiro *loop* previsto, foi criado o sistema de programação diária de pedidos (conforme indicado no MFVf – figura 44), com base no consumo efetivado pelo recurso restritivo (montagem).

Foi dimensionado um pulmão de peças posicionado imediatamente antes da montagem, cujo nível impedia que o processo restritivo parasse por falta de peças.

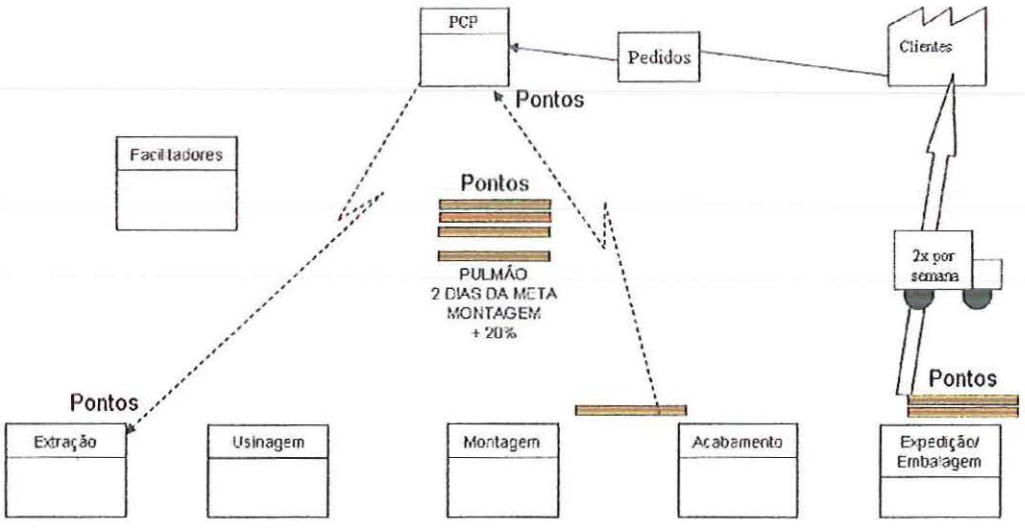


Figura 60: Esquema simplificado do sistema de programação

Na figura 60, temos um esquema simplificado do sistema adotado, no qual o apontamento do consumo do pulmão se dá na saída do processo de montagem. Em função deste consumo, os pedidos (com sua respectiva pontuação) são programados para o início do processo produtivo, no sentido de repor o pulmão.

O dimensionamento do pulmão foi feito, com base no histórico de produção (em pontos – em função do SMD implantado), representando o equivalente a dois dias seguidos de alcance da meta (por todos os montadores), mais 20% de margem de segurança.

Com o passar do tempo, em função de maior familiaridade com o sistema produtivo, mudanças de demanda, ou variações de produtividade, este pulmão poderia ser re-dimensionado para adequar-se à nova realidade.

Para a implantação de uma melhor organização do setor produtivo (5S), foi proferida uma palestra de sensibilização para todos os funcionários da fábrica, e o programador de produção, que já havia participado de todas as demais iniciativas de melhoria deste projeto assumiu o papel de coordenador prático das atividades de limpeza e organização.

Nesta apresentação foi mostrada a origem e o significado do sistema 5S, e definidas as ações a serem realizadas para cada um dos sensos, bem como foram mostrados exemplos práticos de aplicações bem sucedidas. O programa foi estendido também à área administrativa, por meio da padronização de locais de documentos, quadros de aviso, etc.

Foi promovida a marcação das áreas respectivas a cada um dos setores produtivos, delimitando-se os espaços a serem destinados às máquinas, bancadas (áreas de trabalho manual), ferramentas e trabalho em processo.

Cada setor passou a contar com o seu próprio material para limpeza, e esta passou a ser feita em uma base diária. Ao final do dia, cada setor passou a ser responsável pela conservação e manutenção da limpeza de sua área.

Figura 61: Exemplo da organização feita, com suas áreas e materiais definidos.

Uma vez que o recurso restritivo já estava bem definido, e o sistema de medição desempenho atrelado à sua produtividade, uma atenção especial foi despendida aos fatores de organização para este setor.

Os demais setores da fábrica definiram formas de priorização das peças provenientes deste setor, como mostra a estante posicionada na coladeira de bordas que eventualmente se soltam durante o processo de montagem.

Figura 62: Exemplo de estante para organização de peças

O próprio setor de montagem passou por uma reformulação de suas ferramentas principais, que anteriormente ficavam "espelhadas" e não organizadas, resultando em demora no processo de montagem. Foi desenvolvido um "box" de

ferramentas para cada conjunto de montador e ajudante, onde as ferramentas necessárias à montagem de um móvel passaram a ficar organizadas e cuja cor indicava à qual conjunto pertencia.

ANTES DEPOIS

Figura 63: Antes e depois da organização de ferramentas de montagem

De forma geral, os resultados obtidos foram de encontro às expectativas, contribuindo para a diminuição dos desperdícios decorrentes da falta de organização.

4.5.4 Conclusões e resultados da aplicação prática

Nesta aplicação, foi possível a condução do método proposto, e o acompanhamento dos resultados por meio de alguns indicadores apontados:

- ✓ Diminuição de *Lead-Time* produtivo em 25%;
- ✓ Redução de movimentação em até 60%;
- ✓ Aumento de produtividade em cerca de 43%; (a resposta real do sistema apresentou aumento de 30%, em função da redução do efetivo empregado no recurso restritivo);
- ✓ Diminuição de defeitos em 26%;

Neste sentido, pode-se afirmar que o projeto em questão atendeu às expectativas gerais, sendo algumas delas superadas em muitos aspectos,

principalmente em relatos informais quanto ao índice de satisfação e motivação dos funcionários.

No próximo capítulo serão apresentadas as análises e conclusões gerais.

5. ANÁLISES E CONCLUSÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir dos objetivos propostos. Será discutida a abrangência do método proposto, expondo as principais dificuldades encontradas em sua aplicação. Por fim, serão enumeradas algumas idéias de desenvolvimento de trabalhos futuros.

5.1. Análise das atividades e resultados

Este trabalho apresentou e aplicou um método para o desenvolvimento e implementação de sistemas de produção enxuta, que teve como base os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições e o método proposto por ROTHER & SHOOK (1999) de Mapeamento do Fluxo de Valor.

Entre os principais aspectos positivos deste método podemos destacar:

✓ Geração de um entendimento comum quanto à situação atual: isto pode ser conseguido por meio dos dados quantitativos presentes no Mapa do Fluxo de Valor Atual e, em especial, destacam-se os aspectos qualitativos (e muitas vezes subjetivos), que puderam ser explicitados por meio da Árvore da Realidade Atual);

✓ Geração de propostas e iniciativas de melhoria: as injeções propostas foram desenvolvidas de forma abrangente, vislumbrando-se não somente seus impactos nas operações de produção, mas também nas demais áreas, por meio da Árvore da Realidade Futura;

✓ Geração de expectativas claras quanto aos resultados: não foram geradas expectativas que não poderiam ser satisfeitas, em grande parte devido ao entendimento comum inicial de todo o processo de mudança em questão. Ainda, o claro posicionamento sobre o *status* das iniciativas em cada momento ficou claro por meio das Árvores de Implementação;

✓ Clara identificação dos obstáculos: foi promovida a identificação dos obstáculos existentes à implementação de cada uma das iniciativas, bem como o endereçamento de ações de combate a estes obstáculos;

A aplicação do método proposto neste trabalho teve como resultado a efetiva implementação das melhorias propostas, com resultados significativos, conforme os destacados no item anterior (4.5.4). No entanto, mais do que os resultados quantitativos, destacamos a utilidade do método proposto como fator catalisador de mudanças, principalmente, pela abrangência de fatores também qualitativos.

De forma geral, acreditamos que a existência, bem como o processo de geração, de um plano de implementação passo – a – passo, alinhado à realidade da organização pode resultar nos ganhos expressivos e realimentar positivamente o esforço de mudança.

5.2. Abrangência do método proposto

Apesar das ferramentas do Processo de Raciocínio da TOC se apresentarem extremamente úteis para um entendimento sistêmico da situação, e principalmente, para a documentação das relações de causa e efeito, pareceu apresentarem um grau excessivamente elevado de "burocratização" para sua construção.

As regras relativamente rígidas para a construção dos relacionamentos, de certa maneira, não motivaram a equipe de projeto. O fato de a equipe de projeto ser formada por membros com grande experiência e também com visão sistêmica do problema, os mesmos apresentavam um conhecimento e entendimento implícito prévios do problema.

Neste sentido, os mesmos não vislumbraram ganhos substanciais, em função do tempo necessário despendido, com a construção isolada da ARA, de forma que o comprometimento para a construção da árvore (principalmente suas entidades mais óbvias) se mostrou menos interessante a grande parte da equipe.

O trabalho apresentado propõe a criação de um método de referência para condução de processos de mudança, de forma que os diversos aspectos

sistêmicos da organização fossem combinados – não somente os aspectos referentes aos processos produtivos analisados de forma isolada.

Neste sentido, o uso das ferramentas apresentadas pode clarificar os efeitos desejáveis (e quais EI's seriam combatidos), evitando-se a formação de expectativas inatingíveis. Além disso, a Árvore de Implementação trouxe luz à ordem cronológica para a implementação das injeções propostas, levando-se em consideração as precedências entre atividades e obstáculos a cada uma delas.

Um ponto passível de melhoria para o método proposto seria a inclusão de ferramentas que permitissem a sua utilização ambientes de múltiplos projetos (presentes em muitas empresas), e que é abordado na Teoria das Restrições na sua ferramenta chamada Corrente Crítica.

Desta forma, poder-se-ia evidenciar os relacionamentos entre os diversos projetos presentes em uma organização, tanto na forma de seus efeitos, como também de suas atividades e obstáculos comuns.

5.3. Desenvolvimentos futuros

O tema referente às mudanças organizacionais, não só em seus aspectos produtivos, é bastante amplo. Realizações de projetos futuros de pesquisas científicas poderiam buscar outras áreas de aplicação destas mudanças, e métodos específicos de condução em ambientes tais como:

- ✓ Aplicação e desenvolvimento de ferramentas de Produção Enxuta na área Administrativa (*Lean Office*);

A relevância deste tema reside no fato de que grande parcela dos desperdícios existentes nas empresa também pode ser encontrada nos escritórios. No entanto, algumas especificidades tornam o trabalho de diminuição e eliminação dos desperdícios no setor administrativos diferente dos processos produtivos. (LEAN SUMMIT, 2004). Dentre as principais diferenças, podemos destacar:

- Atividades predominantemente baseadas no processamento de informações;
- Maior dependência de pessoas e menor de equipamentos;

- Tempo de ciclo altamente variável;
- Estoques invisíveis;
- Retrabalhos e erros raramente registrados;
- Baixa padronização

Neste sentido, trabalhos que dêem visibilidade ao papel dos processos de apoio no suporte ao fluxo de valor, bem como em como tornar os fluxos de trabalhos administrativos mais enxutos contribuiriam significativamente para o aumento da competitividade de organizações.

✓ Desenvolvimento de um método conjunto de condução de mudanças atrelado aos diversos aspectos da Medição de Desempenho (por exemplo, as perspectivas encontradas na ferramenta conhecida como *Balanced Scorecard*);

O *Balanced Scorecard* é apoiado em quatro perspectivas distintas: finanças, processos internos, clientes e aprendizado e crescimento. Desta forma, entende-se que esta ferramenta é capaz de captar as atividades críticas de geração do valor criadas por funcionários e executivos.

A interligação das medidas de desempenho, proporcionadas por cada uma das perspectivas atreladas à visão e estratégia global da organização, às iniciativas de mudança propostas pela Produção Enxuta poderia proporcionar:

- Quantificação dos resultados já alcançados e aqueles pretendidos no longo prazo (situação ideal);
- Identificação dos mecanismos e recursos necessários à obtenção dos resultados desejados;
- Estabelecer referenciais de desempenho em cada uma das suas perspectivas: clientes (níveis de atendimento), finanças (liberação de capital de giro), aprendizado e crescimento (capacitação de colaboradores e multifuncionalidade), operações internas (medidas de processo);

✓ Aplicação do método proposto em ambientes de multi-projetos;

Algumas barreiras que dificultam o bom andamento de projetos estão relacionadas, direta ou indiretamente, à ausência de uma eficaz administração das incertezas inerentes ao projeto, bem como de um mecanismo eficiente de controle.

Neste sentido, trabalhos referentes ao desenvolvimento de modelos e métodos de implementação de projetos, que busquem compreender o impacto de cada atividade e recurso no andamento e na percepção final do resultado obtido seriam extremamente interessantes.

Estes modelos de referência e métodos de condução de atividades, em particular em ambientes de multi-projetos, muito comum em empresas de grande porte, viriam reduzir sensivelmente o risco de insucesso e permitir a otimização dos recursos utilizados nestes projetos.

6. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, M. O. (2002). Representação e Análise de Cadeias de Suprimentos: Uma Proposta Baseada no Mapeamento do Fluxo de Valor. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos.

ANDRADE, P. H. S. (2002). O impacto do programa 5S na implantação e manutenção de sistemas da Qualidade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

BURTON-HOULE, T. (2001). The theory of constraints and its Thinking Processes: a brief introduction to TOC. The Goldratt Institute. Disponível em: <www.goldratt.com/toctpwhitepaper.pdf>. Acesso em 15/05/2003.

CORBETT NETO, T. (1997). Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a Teoria das Restrições. Ed. Nobel, SP.

CORRÊA G.. GIANESI L. (1996). Just In Time, MRP II e OPT - Um enfoque estratégico. São Paulo, SP: Atlas.

CSILLAG, J. M. (1991). O significado do Mundo do Ganho. Revista de Administração de Empresas, v.31, n.2, p. 61-68.

CUSUMANO, M. A. (1994). The Limits of "Lean". Sloan Management Review, summer 1994, p. 27-32.

DETTMER, H. W. (1997). Goldratt's Theory of Constraints. Milwaukee, WI: Quality Press.

DETTMER, W. (2000). Teoria das Restrições maximiza os negócios. Revista Banas Qualidade, São Paulo, SP, Brasil.

DETTMER, H. W. (2002). Strategy Development and Deployment Using Thinking Process. APICS Constraints Management Special Interest Group (SIG) Technical

Conference. Disponível em: <www.goalsys.com/HTMLobj-501/StratPlanPaper.PDF>. Acesso em 12/03/2003.

FAWCET, S. E., PEARSON, J. N. (1991). Understanding and applying constraint management in today's manufacturing environments. Production and Inventory Management Journal, v.32, n.3, p. 46-55.

FELD, W. M. (2000). Lean Manufacturing. Tools, techniques and how to use them. Simon & Schuster, NY.

FERRO, J. R. (2003). A essência da ferramenta "Mapeamento do Fluxo de Valor". Lean Institute Brasil. Disponível em: <http://www.lean.org.br>. Acesso em 10/03/2003.

GAION, A. V. F., OLIVEIRA, C.R. de, SCARPIN, M. A., CALIJURI, M. S. S. (2000). Teoria das restrições aplicada à prestação de serviços. UNOPAR, Londrina, PR, Brasil.

GIL, A. C. (1991). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Ed. Atlas.

GOLDRATT, E. M. (1998). Corrente Crítica. Ed. Nobel, SP.

GOLDRATT, E. M., COX, J. (1995). A Meta: um processo de aprimoramento contínuo. Ed. Educator, SP.

GOLDRATT, E.M. (1994) Mais que Sorte ... um processo de raciocínio. Ed. Educator, SP.

GOLDRATT, E. M., FOX R. E. (1992). A Corrida pela Vantagem Competitiva. Ed. Educator, SP.

GOLDRATT, E. M. (1991). A síndrome do palheiro: garimpando informação num oceano de dados. Ed. Educator, SP.

GORINI, A. P. F. (1998). Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira. BNDES Setorial, n.8, p. 3-58.

HERZOG , A. L. (2003). O escritório enxuto. Revista EXAME. Ed. Abril, SP.

HINES, P.. TAYLOR, D. (2000). Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK.

HOPPEN, N.. LAPOINTE, L.. MOREAU, E. (1996). Um guia para a avaliação de artigos de pesquisa em sistemas de informação. Rev. Eletrônica de Adm., v.2, n.2.

IRANI, S. (2001) Advantages and disadvantages of Value Stream Mapping. Lista de discussão //www.yahoogroups.com/gateway2lean//.

JAMES-MOORE, S. M. & GIBBONS, A. (1997). Is lean manufacture universally relevant? An investigative methodology. International Journal of Operations and Production Management. V. 17, no9, p. 899-911.

JUNIOR, J. A. S. (2001). Um modelo de dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura direcionado às empresas com processos repetitivos em lotes. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

KARLSSON, C.. AHLSTRÖM, P. (1996). Assessing changes towards lean production. International Journal of Operations & Production Management, v.16, no2, p. 24-41.

KENDALL, G. I. (2001). TOC Strategy – The 4x4 Way. TOCreview, Abril, p.28-31. Disponível em: <www.members.aol.com/TOCreview/4x4.pdf>. Acesso em 15/05/2003.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.I. (1991), "*Metodologia Científica*", Atlas, São Paulo.

LEAN SUMMIT (2004). Anais de Conferência sobre Lean Production. Lean Summit. São Paulo, SP.

LEAN SUMMIT (1999). Anais de Conferência sobre Lean Production. Lean Summit. Atlanta, GA, USA.

LÉXICO LEAN (2003). Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

LOPES, M. C. (1998). Modelo para focalização da produção com células de manufatura. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

LORINI, F. (1993). Tecnologia de grupo e organização da manufatura. Florianópolis, Ed. da UFSC.

MABIN, V. & BARLDERSTONE, S, (1999). The World of The Theory of Constraints. St. Lucie Press.

MACHADO, R. L.. HEINECK, L. F. M. (2000). Um modelo enxuto de administração da produção. III Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais da ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO (EAESP) e FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV).

MASING, W. (2002). Custo de qualidade, não: corte de despesas. Revista Banas Qualidade, Junho, p. 20-28. São Paulo, SP, Brasil.

MOREIRA, D. A. (2001). Administração da Produção e Operações. Thompson Learning.

NAKANO, D. FLEURY, A. (1996). Métodos de pesquisa na engenharia de produção. In: XVI Encontro nacional de engenharia de produção, Piracicaba, SP.

NAZARENO, R. R. (2003). Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta. Dissertação de Mestrado, Universidade, Escola de Engenharia de São Carlos.

NAZARENO, R., R.. RENTES, A., F.. SILVA A. L. (2001). Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, Brasil.

NOREEN, E., W.. SMITH, D.. MACKEY, J., T.. (1996). A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: Um relatório independente. São Paulo, SP. Educator.

NUNES, E. L. (2001). Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC.

PASCALE, R.T.. MILLEMANN, M.. GIOJA, L. (1997). Changing the Way We Change. Harvard Business Review.

RENTES, A.F. (1995). Proposta de uma Metodologia de Integração com Utilização de Conceitos de Modelagem de Empresas. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

RENTES, A.F. (2000). TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

RODRIGUES, L. H. (1995). Apresentação e análise crítica da tecnologia da produção otimizada e da teoria das restrições. Porto Alegre, RS.

ROTHER, M.. HARRIS, R (2002). Criando Fluxo Contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

ROTHER, M.. SHOOK, J. (1999). Aprendendo a Enxergar - mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil.

SILVA, E. L.. MENEZES, E. M. (2000). Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 2a ed. Revisada, UFSC, Florianópolis, SC.

SLACK, N. (2002). Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo, SP. Atlas.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. (1999). Administração da Produção: edição compacta. São Paulo: Atlas.

SMEDS, R. (1994). Managing Change towards Lean Enterprises. International Journal of Operations & Production Management, v.14, n.3 p. 66-82. University Press.

STANDARD C.; DAVIS, D. (1999). Running Today's Factor., Hanser Gardner Publication.

TARDIN, G. G. (2001). O kanban e o nivelamento da produção, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 91 p. Dissertação (Mestrado)

THIOLLENT, M. (1986). A metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortêz.

TOMPKINS, J.A, WHITE, J.A, BOZER, Y.A, FRAZELLE, E.H, TANCHOCO, J.M.A & TREVINO, J. (1996). Facilities Planning. Jonhn Wiley & Sons, Inc. Copyright

TUBINO, D. F. (1999). Sistema de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica. Porto Alegre, RS, Brasil. Bookman Editora.

YOSHINAGA, C. (1998). Manufatura celular: apostila de treinamento operacional. São Paulo. Ciro & Associados Editora.

WOMACK, J. (09/01/02) An LEI new year's resolution: no wallpaper!. Email Updates //www.lean.org.br//.

WOMACK, J.P.. JONES, D. T. (1996) Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Schuster, NY.

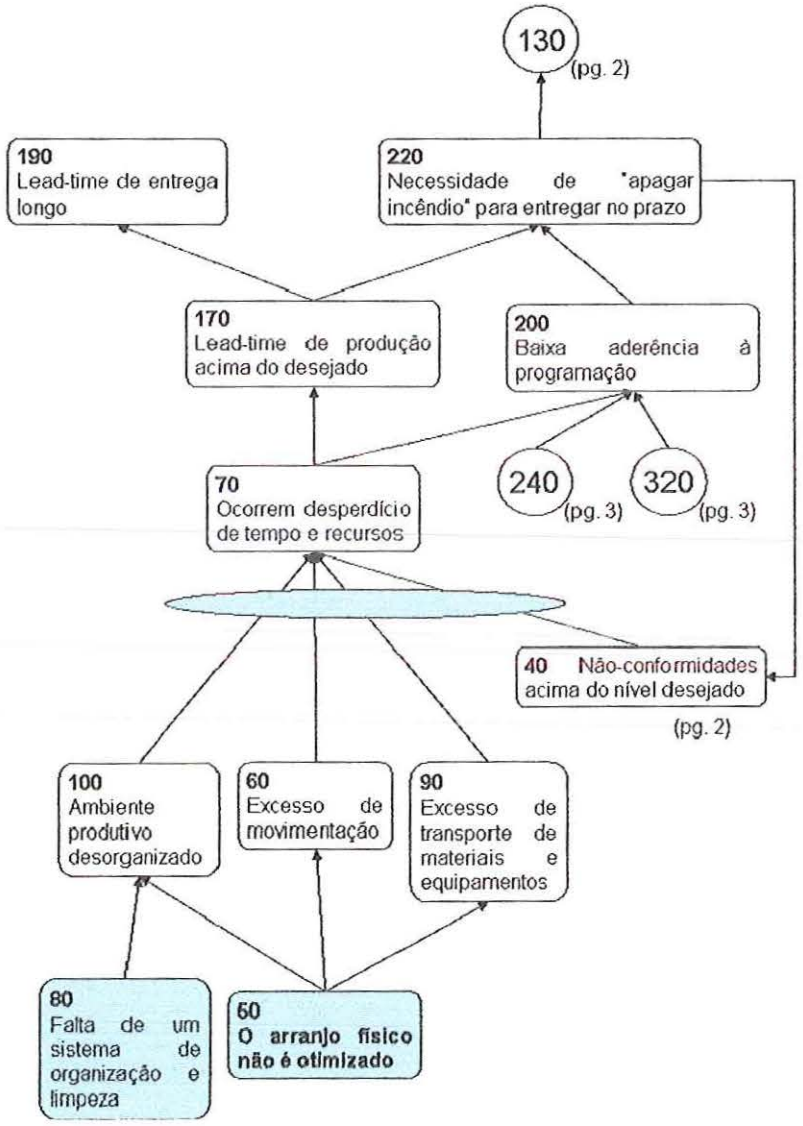
WOMACK, J. P.. JONES, D. T.. ROOS, D. (1992). A Máquina que mudou o mundo. Campus: Rio de Janeiro.

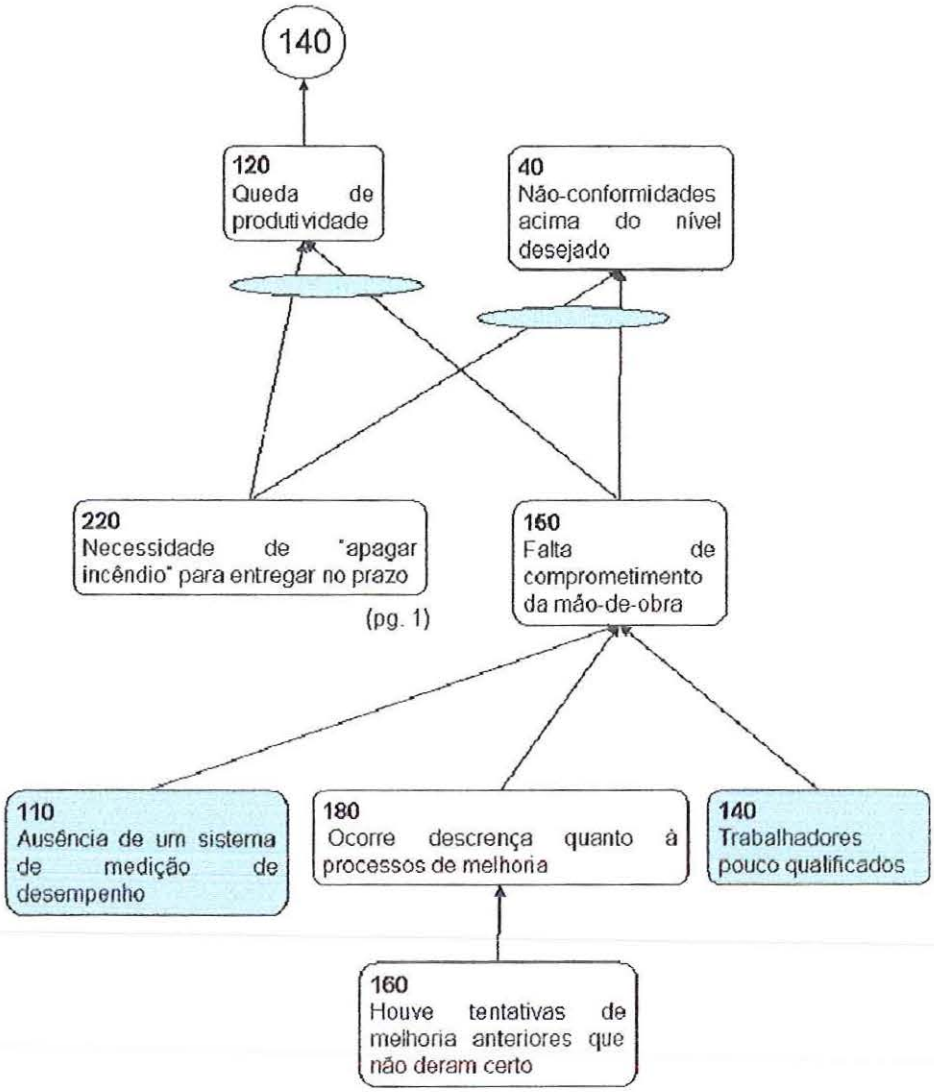
ZIMMERMANN, C.C.. TILLHE, M.T.. BOTELHO, R.. FARIA, R, B. (2000). O serviço "enxuto". Cadernos discentes COPPEAD, Rio de Janeiro, n.4, p.5-29.

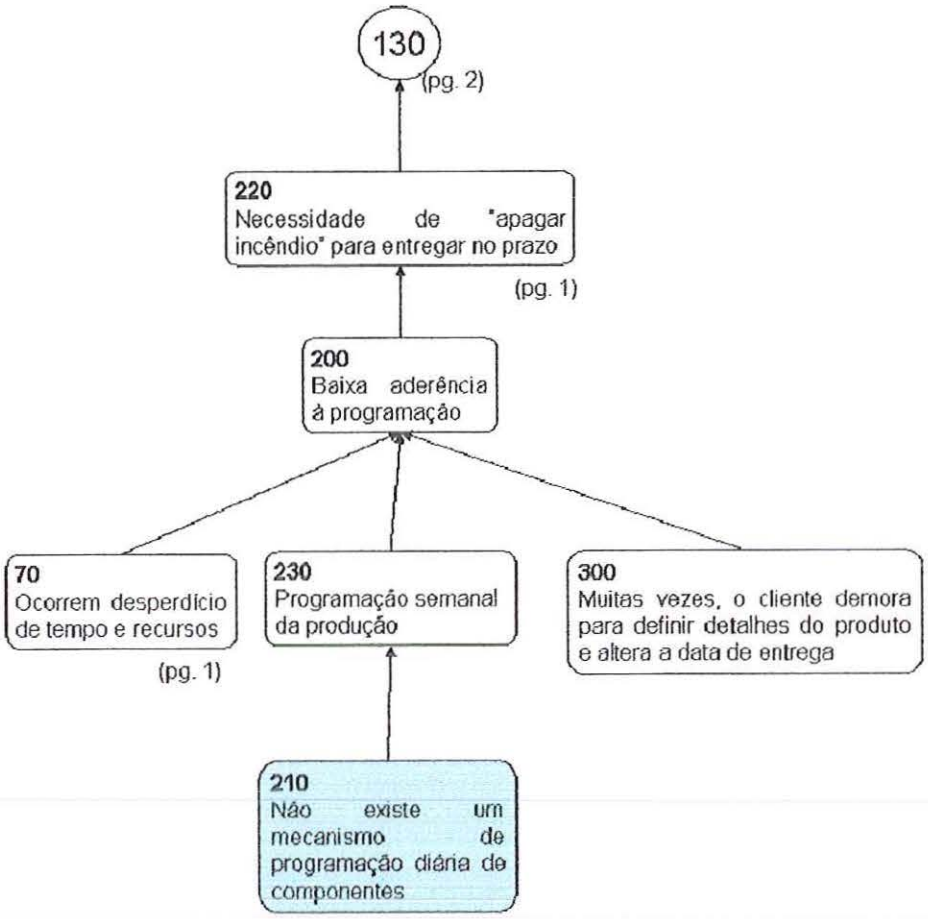
7. ANEXOS

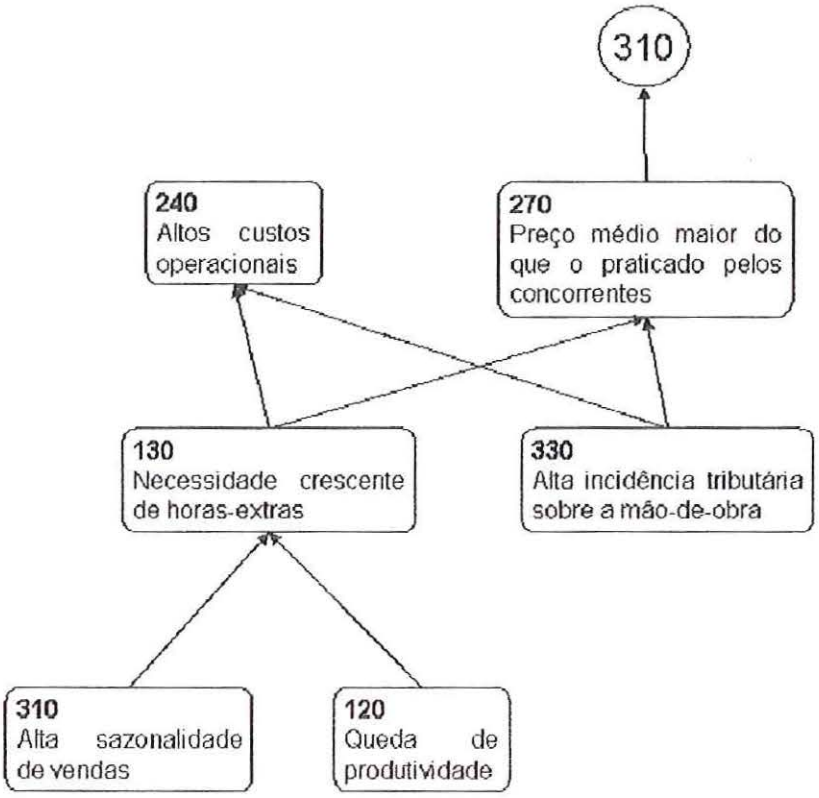
7.1. Árvore da Realidade Atual

ARA – página 1

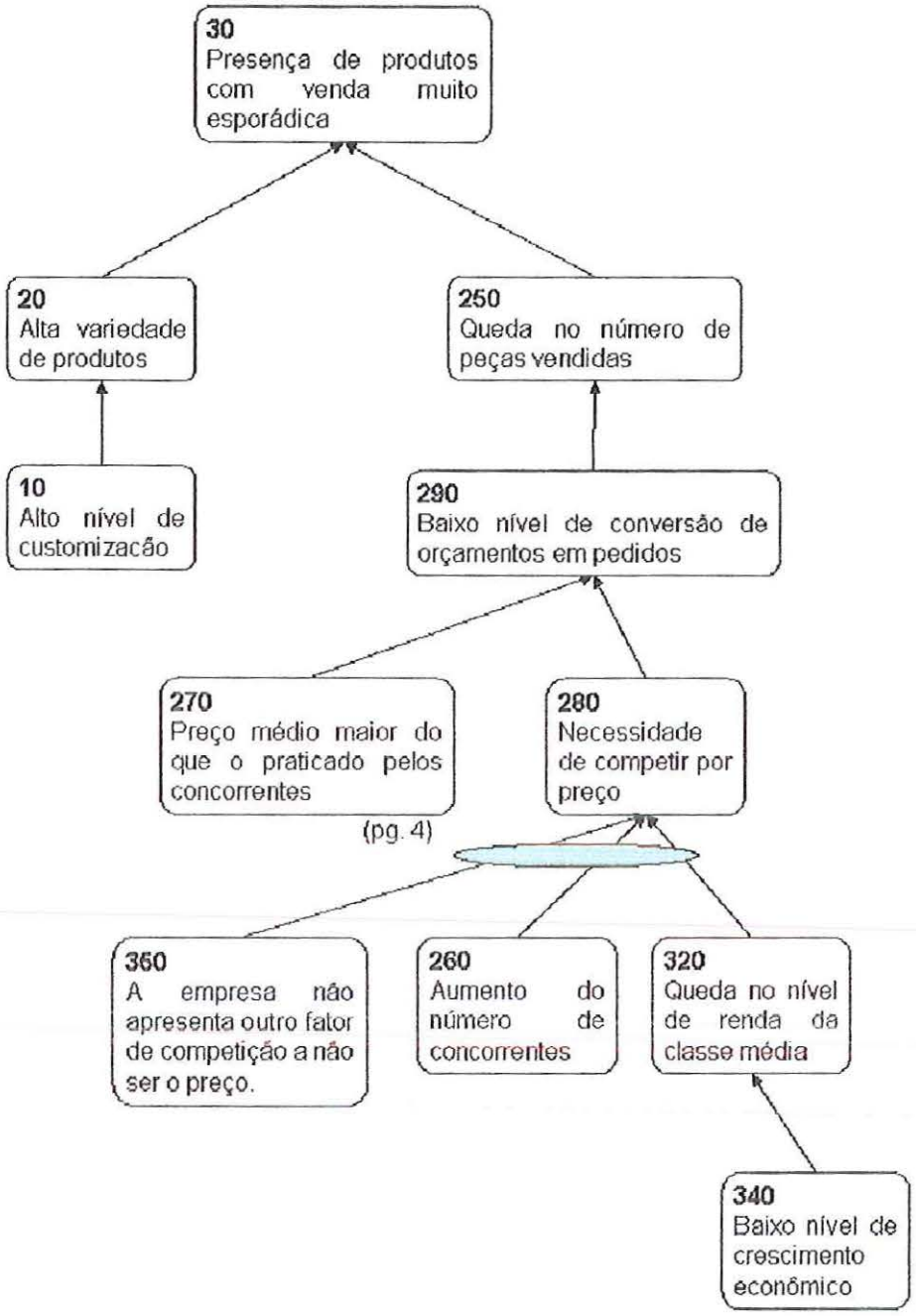



140
120
Queda de produtividade
40
Não-conformidades acima do nível desejado
220
Necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
(pg. 1)
150
Falta de comprometimento da mão-de-obra
110
Ausência de um sistema de medição de desempenho
180
Ocorre descrença quanto à processos de melhoria
140
Trabalhadores pouco qualificados
160
Houve tentativas de melhoria anteriores que não deram certo


130
(pg. 2)
220
Necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
(pg. 1)
200
Baixa aderência à programação
70
Ocorrem desperdício de tempo e recursos
(pg. 1)
230
Programação semanal da produção
300
Muitas vezes, o cliente demora para definir detalhes do produto e altera a data de entrega
210
Não existe um mecanismo de programação diária de componentes

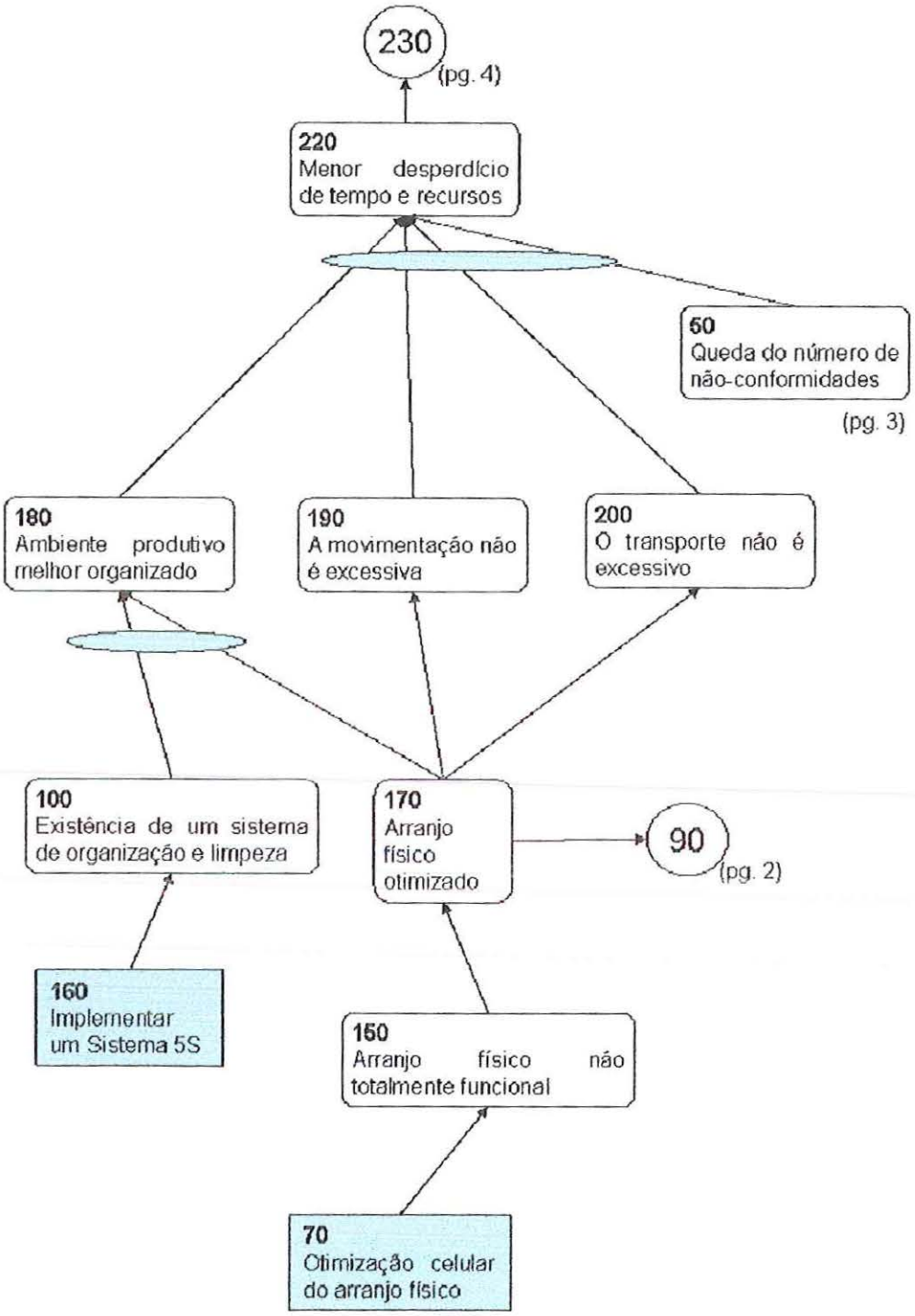

310
240
Altos custos operacionais
270
Preço médio maior do que o praticado pelos concorrentes
130
Necessidade crescente de horas-extras
330
Alta incidência tributária sobre a mão-de-obra
310
Alta sazonalidade de vendas
120
Queda de produtividade

(pg. 2)

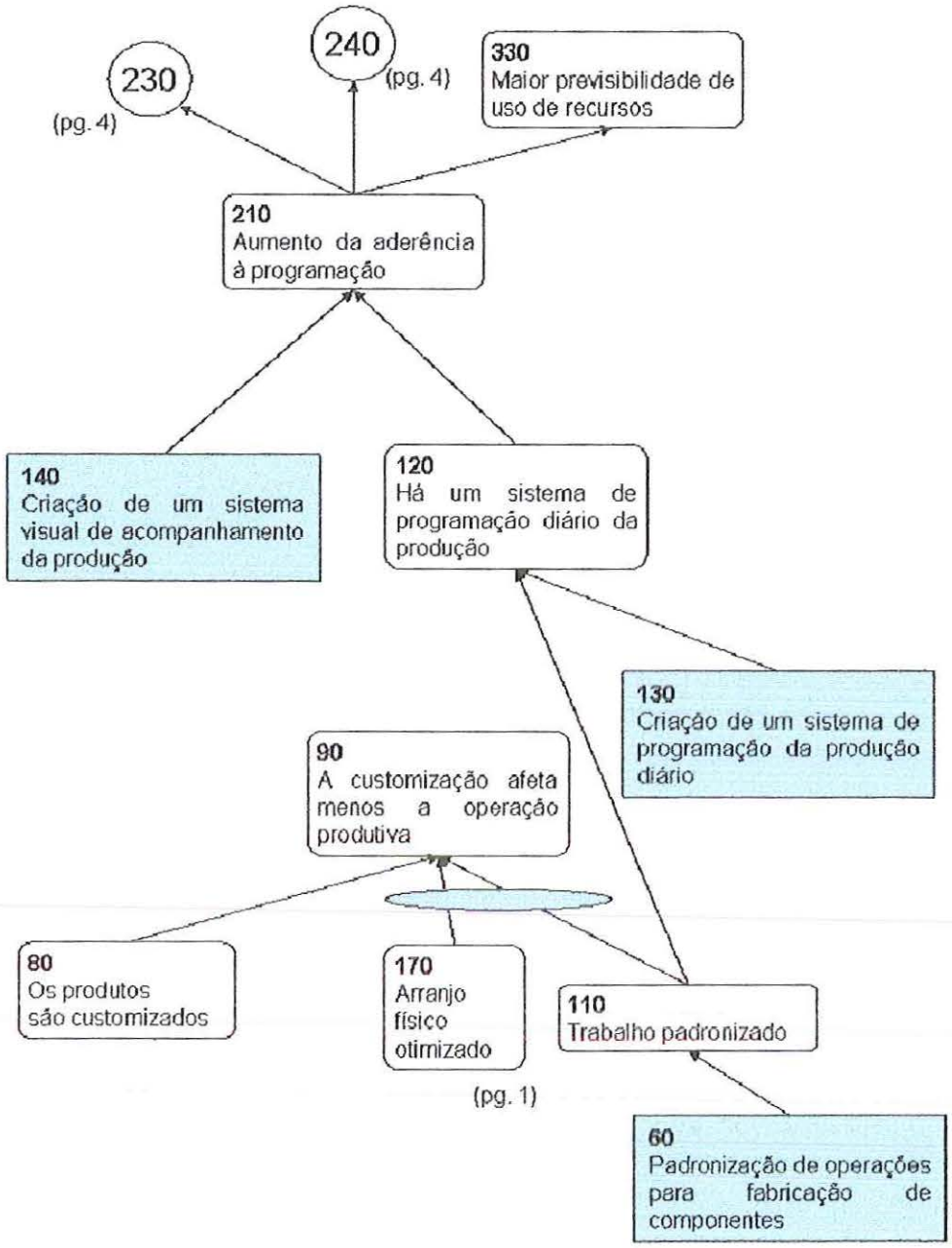

30
Presença de produtos com venda muito esporádica
20
Alta variedade de produtos
250
Queda no número de peças vendidas
10
Alto nível de customizacão
290
Baixo nível de conversão de orçamentos em pedidos
270
Preço médio maior do que o praticado pelos concorrentes
(pg. 4)
280
Necessidade de competir por preço
360
A empresa não apresenta outro fator de competição a não ser o preço.
260
Aumento do número de concorrentes
320
Queda no nível de renda da classe média
340
Baixo nível de crescimento econômico

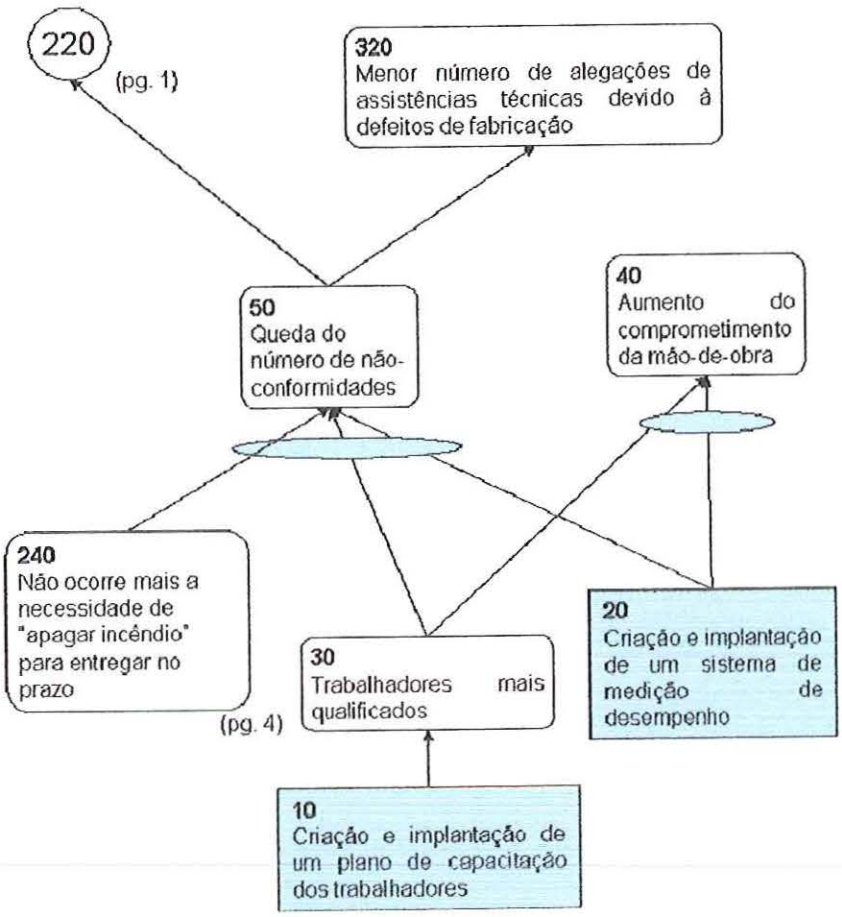
7.2. Árvore da Realidade Futura

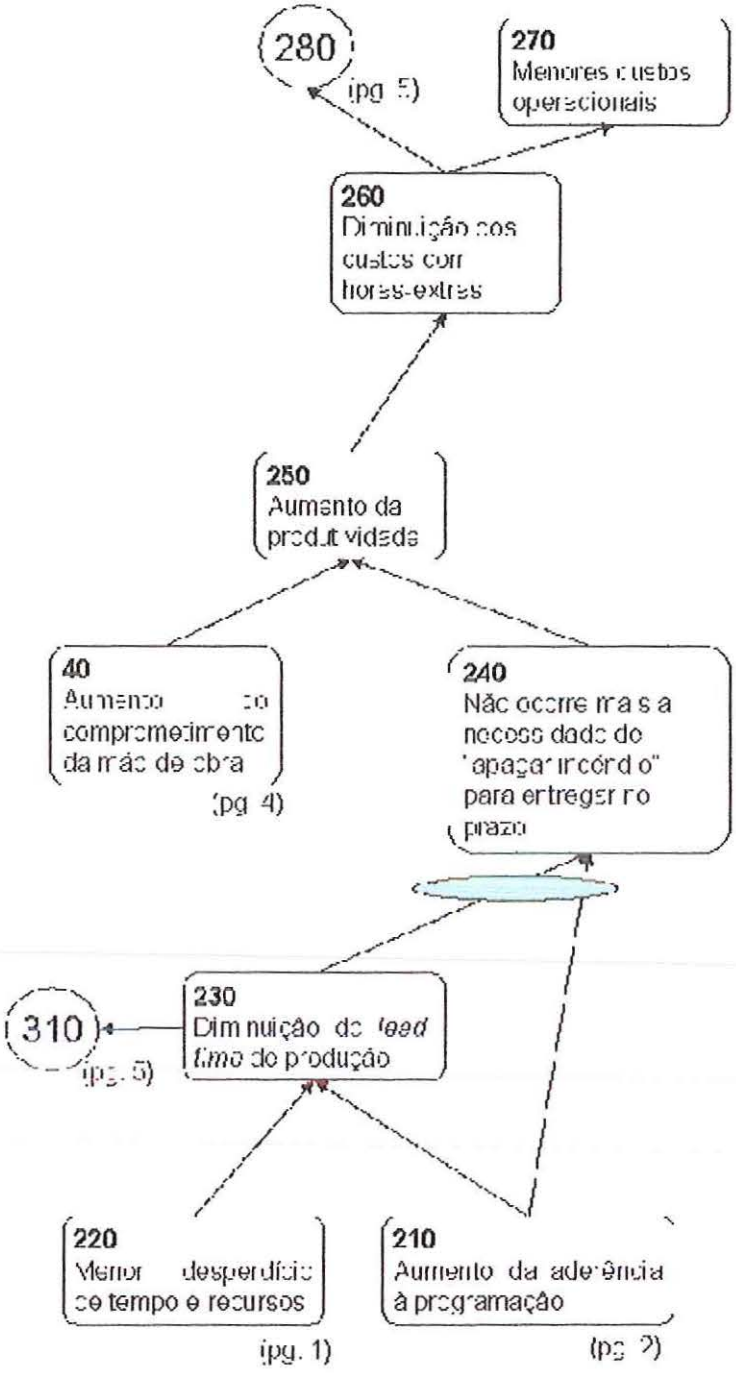
ARF – página 1

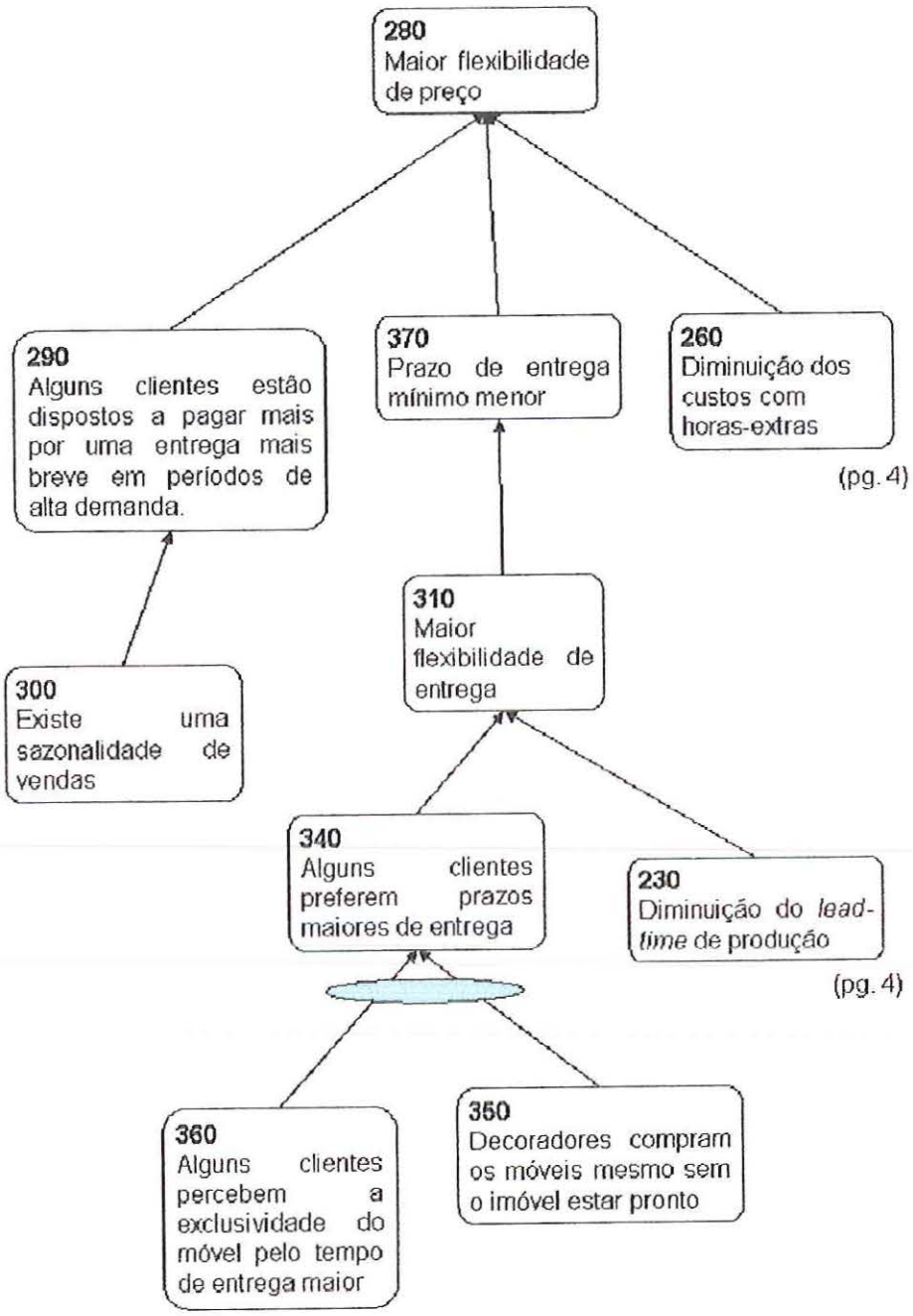


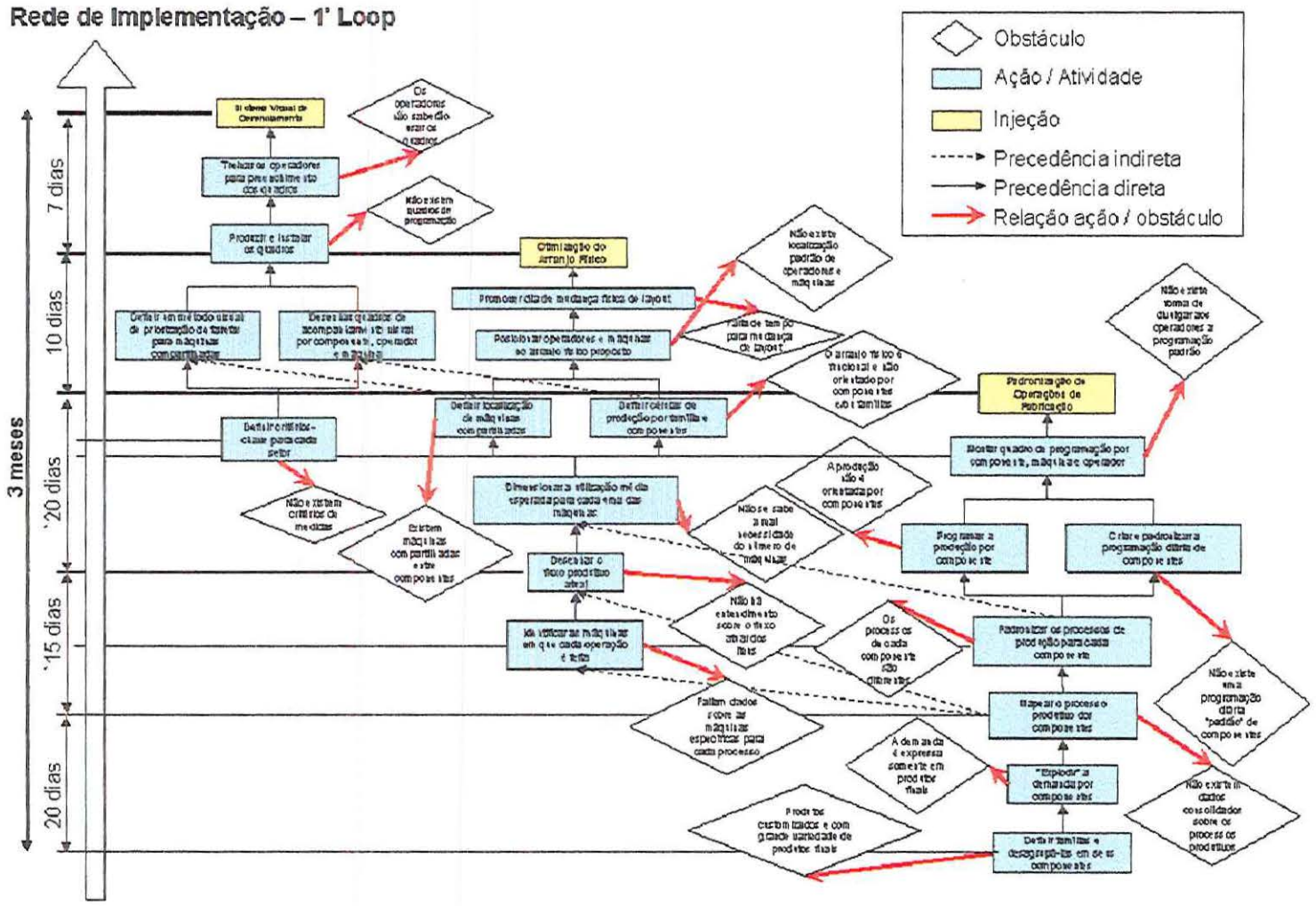
ARF – página 2


240
(pg. 4)
230
(pg. 4)
330
Maior previsibilidade de uso de recursos
210
Aumento da aderência à programação
140
Criação de um sistema visual de acompanhamento da produção
120
Há um sistema de programação diário da produção
130
Criação de um sistema de programação da produção diário
90
A customização afeta menos a operação produtiva
80
Os produtos são customizados
170
Arranjo físico otimizado
110
Trabalho padronizado
(pg. 1)
60
Padronização de operações para fabricação de componentes

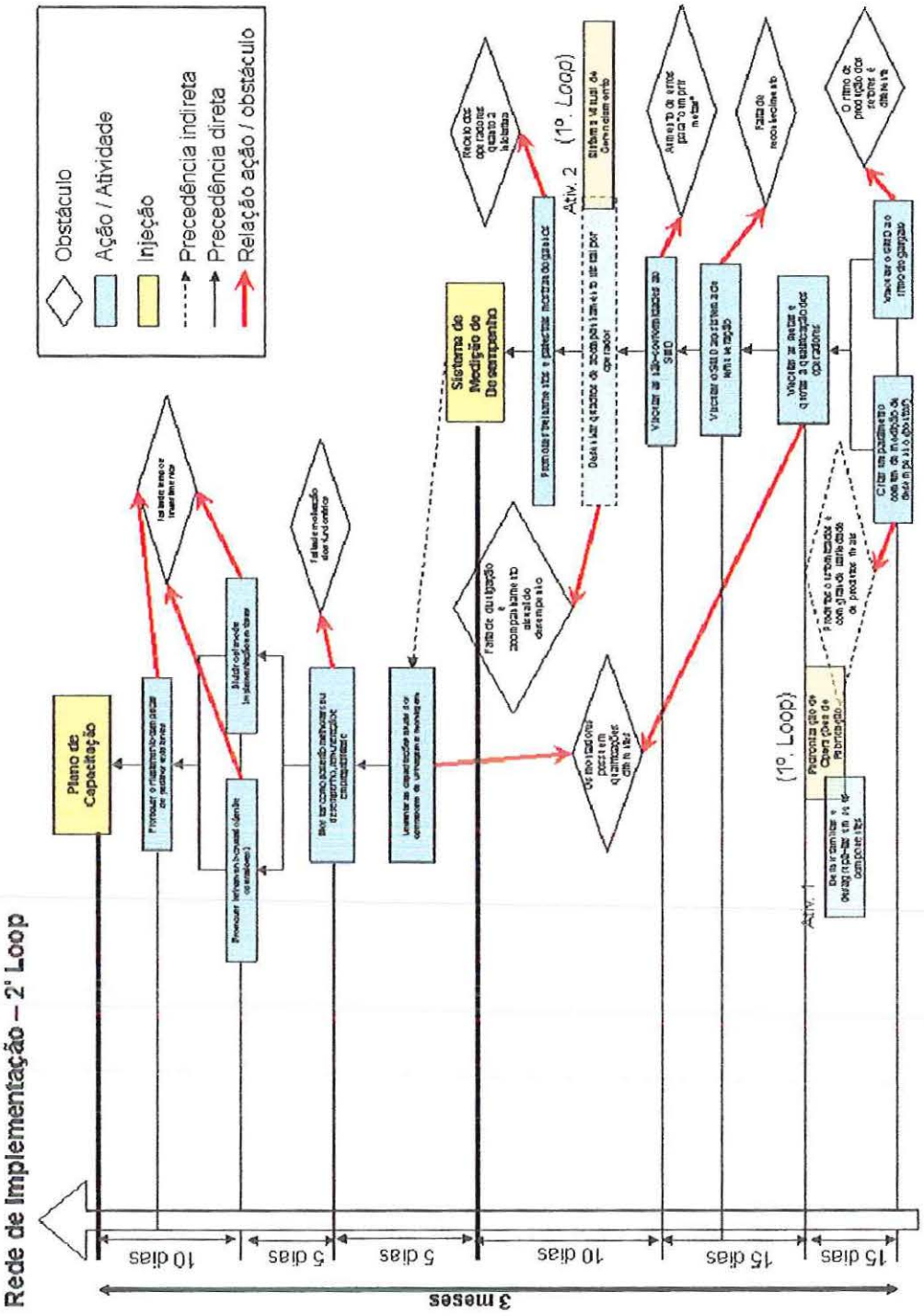
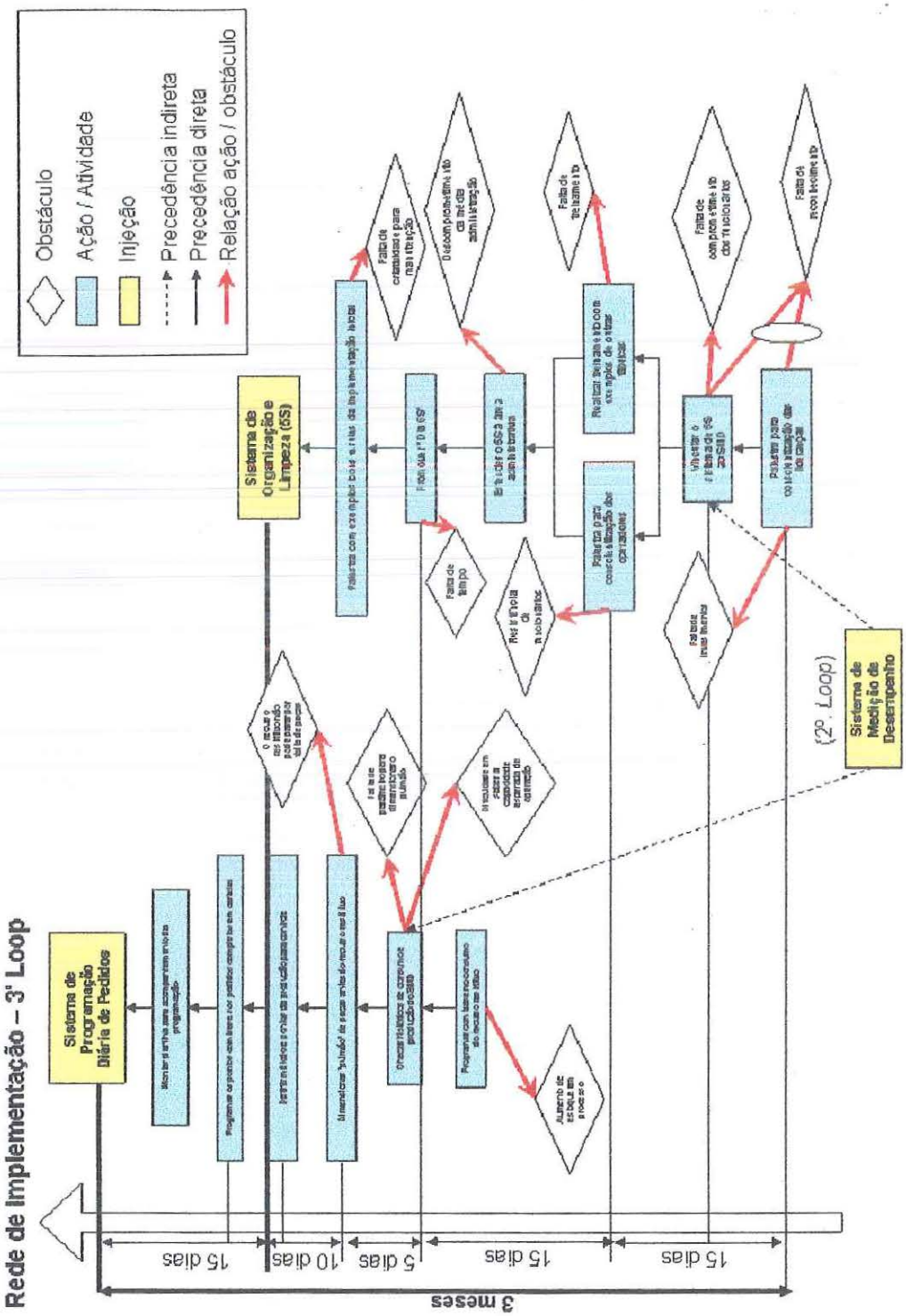

220
(pg. 1)
320
Menor número de alegações de assistências técnicas devido à defeitos de fabricação
50
Queda do número de não-conformidades
40
Aumento do comprometimento da mão-de-obra
240
Não ocorre mais a necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
(pg. 4)
30
Trabalhadores mais qualificados
20
Criação e implantação de um sistema de medição de desempenho
10
Criação e implantação de um plano de capacitação dos trabalhadores


280
(pg. 5)
270
Menores custos operacionais
260
Diminuição dos custos com horas-extras
250
Aumento da produtividade
40
Aumento do comprometimento da mão de obra
(pg. 4)
240
Não ocorrer mais a necessidade de "apagar incêndio" para entregar no prazo
310
(pg. 5)
230
Diminuição do *lead time* de produção
220
Menor desperdício de tempo e recursos
(pg. 1)
210
Aumento da aderência à programação
(pg. 2)


280
Maior flexibilidade de preço
290
Alguns clientes estão dispostos a pagar mais por uma entrega mais breve em períodos de alta demanda.
370
Prazo de entrega mínimo menor
260
Diminuição dos custos com horas-extras
(pg. 4)
300
Existe uma sazonalidade de vendas
310
Maior flexibilidade de entrega
340
Alguns clientes preferem prazos maiores de entrega
230
Diminuição do lead-time de produção
(pg. 4)
360
Alguns clientes percebem a exclusividade do móvel pelo tempo de entrega maior
350
Decoradores compram os móveis mesmo sem o imóvel estar pronto


Rede de Implementação – 1' Loop
Obstáculo
Ação / Atividade
Injeção
Precedência indireta
Precedência direta
Relação ação / obstáculo
3 meses
7 dias
10 dias
20 dias
15 dias
20 dias
Os operadores não sabem/são os ajustes
Treinar os operadores para preenchimento dos questionários
Não existem questões de programação
Produzir e instalar os questionários
Otimização do Arranjo Físico
Não existe localização padrão de operadores e máquinas
Promover rotina de mudanças físicas de layout
Tempo de parada para mudança do layout
Definir sentido usual de priorização de tarefas para máquinas compartilhadas
Desenvolver questões de acompanhamento do tipo por componente, operador e máquina
Posicionar operadores e máquinas ao término do lote proposto
O arranjo físico é funcional e não orientado por componentes e famílias
Padronização de Operações de Fabricação
Não existe forma de divulgar/ver operadores a programação padrão
Definir localização de máquinas compartilhadas
Definir células de produção por famílias de componentes
Definir prioridade-classe para cada peça
Montar quadro de programação por componente, máquina e operador
A produção não é orientada por componentes
Não existem critérios de medidas
Existem máquinas compartilhadas entre componentes
Dimensionar a utilização média esperada para cada uma das máquinas
Não se sabe ainda necessidade do número de máquinas
Programar a produção por componente
Criar e padronizar a programação diária de componentes
Descrever o fluxo produtivo atual
Não há estabelecimento sobre o fluxo através das filas
Os processos de cada componente são diferentes
Racionalizar os processos de produção para cada componente
Identificar as máquinas em que cada operação é feita
Mapear o processo produtivo dos componentes
Não existe uma programação diária "padrão" de componentes
Faltam dados sobre as máquinas específicas para cada processo
A demanda é expressa somente em produtos finais
"Explodir" a demanda por componentes
Não existem dados consolidados sobre os processos produtivos
Produtos customizados e com grande variedade de produtos finais
Definir famílias e designá-las em nós componentes

7.4. Segundo *Loop* de Implementação



7.5. Terceiro *Loop* de Implementação