

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS IGNACIO NAVARRO MERCADO

**O MODELO iTLS™ – INTEGRAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN
MANUFACTURING E SEIS SIGMA:**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO iTLS™ NA REDUÇÃO DO LEAD TIME EM UMA
CADEIA DE VALOR EM MULTINACIONAL NO BRASIL**

**CURITIBA
2014**

CARLOS IGNACIO NAVARRO MERCADO

**O MODELO iTLS™ – INTEGRAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN
MANUFACTURING E SEIS SIGMA:**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO iTLS™ NA REDUÇÃO DO LEAD TIME EM UMA
CADEIA DE VALOR EM MULTINACIONAL NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, área de concentração em Tecnologia e Inovação, Universidade Federal do Paraná, como requisito á obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof., Marcelo G. Cleto. Dr.

**CURITIBA
2014**

M553m

Mercado, Carlos Ignacio Navarro

O modelo iTLS™ - Integração da Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma : análise da aplicação do iTLS™ na redução do *Lead Time* em uma cadeia de valor em multinacional no Brasil / Carlos Ignacio Navarro Mercado. – Curitiba, 2014.

158f. : il. color. ; 30 cm.

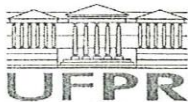
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2014.

Orientador: Marcelo G. Cleto.

Bibliografia: p. 145-151.

1. Teoria das restrições (Administração). 2. Produção enxuta. 3. Controle de processo. 4. Controle de qualidade.. I. Universidade Federal do Paraná. II. Cleto, Marcelo G.. III. Título.

CDD: 658.5



Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia / Setor de Ciências Exatas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGE

CERTIFICADO

Certificamos para os devidos fins que o pós-graduando **CARLOS IGNACIO NAVARRO MERCADO** defendeu a Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná, com o título "O MODELO ITLS - INTEGRAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES, LEAN MANUFACTURING E SEIS SIGMA: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO ITLS NA REDUÇÃO DO LEAD TIME EM UMA CADEIA DE VALOR MULTINACIONAL NO BRASIL, do pós-graduando **CARLOS IGNACIO NAVARRO MERCADO**". A dissertação foi defendida e aprovada no dia 28 de fevereiro de 2014.

Banca Examinadora:

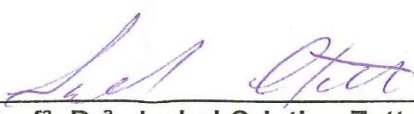
Prof. Marcelo G. Cleto, Dr. (orientador)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPR

Profa. Sonia I. M. G. Muller, Dra.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPR

Profa. Izabel Cristina Zattar, Dra.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFPR

Prof. Sérgio Eduardo Gouvêa da Costa, Dr.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas - PUC PR

Curitiba, 28 de fevereiro de 2014



Prof.^a Dr.^a Izabel Cristina Zattar
Coordenadora do PPGE/UFPR

Prof. Izabel C. Zattar
Depto Engenharia de Produção - UFPR
Matricula: 01557501

A Deus, por iluminar meus caminhos e por permitir que eu chegasse até aqui.
À minha família, base da minha formação e do amor.
À minha amada Rafaela que sempre me apoiou, ajudou e incentivou nos momentos
difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marcelo G. Cleto, pela valiosa orientação, dedicação, apoio, incentivo e pelo acompanhamento durante o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFPR, pelo conteúdo, ensinamentos das disciplinas ministradas.

Às amizades feitas ao longo do curso de Mestrado.

À empresa utilizada como estudo deste trabalho, pela colaboração, ajuda e permissão para a realização da pesquisa.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

"A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará a seu tamanho original"
Albert Einstein

RESUMO

NAVARRO, C.I. *O modelo iTLS™ – Integração da Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: Análise da aplicação do iTLS™ na redução do lead time em uma cadeia de valor em multinacional no Brasil*. 2014. 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2014.

A pesquisa apresentada através deste trabalho demonstra o tema da integração entre a Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma em um modelo único desenvolvido pelo pesquisador Russ Pirasteh, denominado iTLS™, que associa e harmoniza os conceitos, as técnicas, as ferramentas e as metodologias das três abordagens em sete etapas. A proposta é realizar uma pesquisa-ação de uma cadeia de valor em uma multinacional de Eletrodomésticos no Brasil, cujo objetivo é o de reduzir o *lead time* em longo prazo com a eliminação da restrição, dos desperdícios e controlar a variabilidade do processo, o que permitirá a entrega rápida de produtos, aumentando a satisfação do cliente. É esta nova abordagem de melhoramento contínuo que foi motivador para o desenvolvimento do presente trabalho, através do qual se busca responder a questão: De que forma pode ser realizada a integração das três abordagens e reduzido o *lead time* na cadeia de valor no longo prazo, de forma a eliminar as restrições, os desperdícios e diminuir a variabilidade na empresa do setor de eletrodomésticos no Brasil? Na primeira parte do trabalho é feito um levantamento bibliográfico das três abordagens de forma isolada, em seguida é apresentada a integração entre elas e por último é referenciando o modelo iTLS™. Em relação à metodologia, este trabalho é classificado como sendo de caráter qualitativo, quantitativo e exploratório. A primeira parte da pesquisa aconteceu entre agosto de 2012 e abril de 2013, ocasião em que foram realizadas entrevistas não estruturadas, observações diretas e participativas e análise documental para estudo da situação problema. Posteriormente, o modelo estudado foi aplicado de forma detalhada, ilustrando todas as sete etapas, entre os meses de maio de 2013 e janeiro de 2014, período em que o iTLS™ comprova a sinergia e integração das três abordagens estudadas. Conclui-se que o objetivo proposto foi atingido, uma vez que o *lead time* foi reduzido em 5,4 dias, permitindo a eliminação da restrição, reduzindo os desperdícios em 80,9%, aumentando o indicador da satisfação do cliente em 30%, reduzindo o *takt time* em 6 segundos, controlando a variabilidade, gerando um aumento do nível Sigma em 0,6 e criando um resultado corporativo de 27,7% de incremento de unidades vendidas. A pesquisa permitiu validar o modelo integrador para a resolução de um problema em uma organização, aumentando a relação Universidade-Empresa, além de atender de forma adequada às necessidades do mercado. A pesquisa identificou, comparou e analisou três abordagens inseridas em um modelo inovador no Brasil, sendo uma pesquisa acadêmica inédita do tema abordado, fornecendo também um panorama atualizado da Engenharia de Produção e servindo como referência para trabalhos futuros.

Palavras Chaves: iTLS™, Inovação, Melhoramento Contínuo, Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing*, Seis Sigma, *Lead Time*, Cadeia de Valor.

ABSTRACT

The research to be presented demonstrates the topic of integration of the Theory of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma into a single model developed by the researcher Russ Pirasteh called iTLS™, which combines and harmonizes concepts, techniques, tools and methodologies of the three approaches in seven steps. The proposal is to perform an action research of a value chain in a multinational of Home Appliances in Brazil, whose the objective is to reduce the lead time in long term by eliminating the constraint, the waste, and control the variability process, enabling the efficient delivery of products, increasing customer satisfaction. It is this new approach to continuous improvement that was motivating for the development of this research, through which it seeks to answer the question: How it can be integrated the three approaches and reduce the lead time in the long-term of the value chain in order to eliminate possible constraints and waste, and reduce the variability in the researched company? The author makes a bibliographic survey of the three approaches in isolation way, also performing the integration between them and finally referencing the iTLS™ model. Regarding the methodology, this research is classified as qualitative, quantitative and exploratory. The first part of the research took place between August 2012 and April 2013, at which unstructured interviews, direct and participant observation and document analysis to study the problem situation were made. After the model was applied studied, detailing all the steps, between the months of May 2013 to January 2014, where the iTLS™ demonstrates the synergy and integration of the three approaches studied. It is concluded that the proposed goal was achieved, since the lead time was reduced by 5.4 days, thus allowing elimination of the constraint, reducing waste at 80.9 %, increasing the indicator of customer satisfaction by 30% reducing the takt time in 6 seconds, controlling the variability generating an increase of 0.6 Sigma level and creating a corporate result of a 27.7% increase in units sold. The research allowed validating the integrative model to solve a problem in an organization, increasing the relationship between University and Industry, as well as meet adequately the needs of the market. The survey identified, compared and analyzed three approaches embedded in an innovative model in Brazil, being an unpublished academic study of the subject, also providing an updated overview of Production Engineering and serving as a reference for future research.

Keywords: iTLS™, Innovation, Continuous Improvement, Theory of Constraints, Lean Manufacturing, Six Sigma, Lead Time, Value Chain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Caracterização da Revisão Bibliográfica.....	9
Figura 2.2. Etapas da melhoria continua da TOC	11
Figura 2.3. Árvore de Realidade Atual (ARA).....	14
Figura 2.4. Esquema de leitura da ARA	14
Figura 2.5. Graus de Controle dos Efeitos Indesejáveis	15
Figura 2.6. Exemplo do Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN)	16
Figura 2.7. Ilustração do Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM).....	19
Figura 2.8. Tipos de atividades em uma cadeia de valor	21
Figura 2.9. Curva de Distribuição Normal e Nível Sigma	24
Figura 2.10. Etapas do DMAIC.....	27
Figura 2.11. Contribuição do Seis Sigma e o Lean para a melhoria dos processos .	30
Figura 2.12. Modelo proposto integrando a TOC e Seis Sigma	31
Figura 2.13. Modelo proposto integrando as ferramentas da TOC e o <i>Lean</i>	33
Figura 2.14. Relação das ferramentas da TOC e o <i>Lean</i> no estado atual	34
Figura 2.15. Relação das ferramentas da TOC e o <i>Lean</i> no estado futuro	35
Figura 2.16. Contribuição econômica dos modelos aplicados.....	42
Figura 2.17. Estrutura do modelo iTLS™	44
Figura 2.18. Etapas do modelo iTLS™	46
Figura 2.19. Primeira etapa do modelo iTLS™	47
Figura 2.20. Segunda etapa do modelo iTLS™	48
Figura 2.21. Terceira etapa do modelo iTLS™	52
Figura 2.22. Quarta etapa do modelo iTLS™	53
Figura 2.23. Quinta etapa do modelo iTLS™	56
Figura 2.24. Sexta etapa do modelo iTLS™	56
Figura 2.25. Sétima etapa do modelo iTLS™	57
Figura 3.1. Etapas da Pesquisa	60
Figura 4.1. Áreas de atuação da empresa	65
Figura 4.2. Ilustração da cadeia de valor Gama	66
Figura 4.3. <i>Layout</i> da linha de montagem	67
Figura 4.4. Performance das Vendas vs Estoque da família de produtos Gama	70
Figura 4.5. Performance das Vendas vs Estoque por produtos	72
Figura 4.6. Performance do DSA na cadeia de valor Gama	73
Figura 4.7. Pontos de análise do DSA na cadeia de valor Gama.....	74
Figura 4.8. Mapeamento do fluxo de valor atual na cadeia de valor Gama	79
Figura 4.9. Árvore da Realidade Atual (ARA) na cadeia de Valor Gama	83

Figura 4.10. Gráfico de Pareto das categorias da Cadeia de Valor Gama.....	84
Figura 4.11. NRFT semanal da linha de montagem Alf@	87
Figura 4.12. <i>Project Charter</i> da aplicação do iTLS™	89
Figura 4.13. Filmagem e identificação dos tempos de trabalho	92
Figura 4.14. Registro de tempo de Ciclo do posto No 1	93
Figura 4.15. Gráfico Balanceamento Inicial na linha de montagem	94
Figura 4.16. Registro iniciais de tempo de Ciclo e classificação do posto No 1	98
Figura 4.17. Gráfico Balanceamento Inicial conforme AV, NAV e W	99
Figura 4.18. Ilustração do DDN na eliminação da Restrição.....	101
Figura 4.19. Conceito Cirurgião em uma célula de montagem.....	103
Figura 4.20. Aramados disponibilizados na linha de montagem	105
Figura 4.21. Excesso de estoque no ponto de uso na linha de montagem	106
Figura 4.22. Modelo FMLE na empresa Alf@	107
Figura 4.23. Ilustração das áreas do FMLE	109
Figura 4.24. Gráfico Balanceamento Final na linha de montagem.....	113
Figura 4.25. Implantação do conceito cirurgião na linha de montagem	116
Figura 4.26. Gráfico Balanceamento de Linha Final conforme AV, NAV e W	117
Figura 4.27. Evolução do DSA após da eliminação de desperdícios na restrição...	118
Figura 4.28. Performance do NRFT após da eliminação de desperdícios da restrição	120
Figura 4.29. Análise das causas do problema	125
Figura 4.30. Formato da Auditoria do FMLE	127
Figura 4.31. Performance auditorias FMLE	128
Figura 4.32. Formato da Documentação Padronizada	130
Figura 4.33. Documentação Padronizada na linha de montagem	131
Figura 4.34. Performance das seis etapas do iTLS™	132
Figura 4.35. Comparativo do DSA pelo Box Plot antes e depois do iTLS™	132
Figura 4.36. Mapeamento do Fluxo de Valor futuro da cadeia de valor Gama	135
Figura 4.37. Árvore da Realidade Futuro (ARF) na cadeia de Valor Gama	139
Figura 4.38. Performance das vendas estoque no antes e depois do iTLS™	140
Figura 4.39. Resumo geral de vendas e estoque conforme aplicação do iTLS™ ...	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Relação entre as perguntas genéricas do TP, propósito e ferramentas .	13
Tabela 2.2. Escala Sigma e número de defeitos correspondentes	25
Tabela 2.3. A convergência entre TOC, Lean e Seis Sigma	36
Tabela 2.4. Correlação sinérgica entre TOC, Lean e Seis Sigma no iTLS™	41
Tabela 2.5. Definição do CNX na seleção da classe de fator	51
Tabela 3.1. Critérios e classificações de uma pesquisa	58
Tabela 4.1. Demanda dos produtos de cadeia de valor Gama no mês de maio de 2013	76
Tabela 4.2. Demanda diária dos produtos de cadeia de valor Gama	77
Tabela 4.3. Lead Time dos componentes da cadeia de valor Gama	78
Tabela 4.4. Efeitos Indesejáveis conforme as categorias da cadeia de valor	80
Tabela 4.5. Efeitos indesejáveis na Área de Controle	85
Tabela 4.6. Calculo do Takt Time.	92
Tabela 4.7. Capacidade estatística inicial	95
Tabela 4.8. Resultados quantitativos LBR, LAE e M.O inicial	96
Tabela 4.9. Classificação de atividades no processo.....	97
Tabela 4.10. PPCP preliminar dos componentes C1, C2, C3, C4 e C5	108
Tabela 4.11. Resultado Final do Balanceamento de Linha	114
Tabela 4.12. Resultado Final do Balanceamento de Linha	115
Tabela 4.13. Comparação AV, NAV e W após da melhoria.	117
Tabela 4.14. Resultado da melhoria	119
Tabela 4.15. Performance do DSA Etapa 3 e 4 do iTLS™	119
Tabela 4.16. Resultado quantitativo da melhoria do NRFT	121
Tabela 4.17. Performance do NRFT Etapa 3 e 4 do iTLS™	121
Tabela 4.18. Descrição da não conformidade pelo 5W2H	123
Tabela 4.19. Plano de Ação para resolução do problema.....	125
Tabela 4.20. Demanda diária futura	134
Tabela 4.21. Lead Time futuro dos componentes da cadeia de valor Gama	136
Tabela 4.22. Efeitos indesejáveis e desejáveis na Área de Controle	137

LISTA DE ABREVIATURAS

5s: Utilização, Organização, Limpeza, Conservação e Autodisciplina;

6M: Mão de obra, Método, Matéria Prima, Máquina, Medição e Meio Ambiente;

8D: Oito Disciplinas;

ARA: Árvore da Realidade Atual;

ARF: Árvore da Realidade Futura;

AT: Árvore de Transição;

AV: Atividades que agregam valor;

CP: Capacidade do processo;

CPI: *Continual Process Improvement* (Melhoria Contínua do Processo);

DBR: *Drum, Buffer, Rope* (Tambor, Plumão e Corda);

DDN: Diagrama de Dispersão de Nuvem;

DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Implantar, Controlar;

DOE: *Design of Experiments* (Desenho de Experimentos);

DP: Documento Padronizado;

DPMO: Defeitos por Milhão de Oportunidades;

DSA: *Delivery Schedule Adherence* (Aderência na programação de entrega);

ED: Efeitos Desejáveis;

EI: Efeitos Indesejáveis;

FIFO: *First in First Out* (Primeira em entrar, Primeira em sair);

FMEA: Análise do Tipo e Efeito de Falha;

FMLE: Fluxo de Materiais da Logística Enxuta;

GBO: Gráfico de Balanceamento do Operador;

JIT: *Just in time* (Justo a tempo);

iTLS™: Integração da Teoria das Restrições, *Lean Manufacturing* e Seis Sigma;

LAE: Índice de Capacidade de Linha;

LBR: Índice de Distribuição de Linha

LIE: Limite Inferior de Especificação;

LSE: Limite Superior de Especificação;

MASP: Método de Análise e Solução de Problemas;

M.O: Mão de Obra Ótima;

MPS: Plano Mestre da Produção;

MRP: Planejamento de Requerimentos de Materiais
NAV: Atividades necessárias, mas não geram valor agregado;
NRFT: *Not Right First Time*;
PCM: Planejamento e Controle do Material;
PCP: Planejamento e Controle da Produção;
PPCP: Plano Para Cada Peça;
PPM: Partes por Milhão;
SCO: *Supply Chain Outbound*;
SOP: Procedimentos Operacionais de Padrão;
S&OP: Vendas e Planejamento de Operações;
STP: Sistema Toyota da Produção;
TOC: Teoria das Restrições;
TP: *Thinking Process*;
UFPR: Universidade Federal do Paraná;
VOC: *Voice of Customer* (Voz do cliente);
VOP: *Voice of Process* (Voz do processo);
VSM: *Value Stream Mapping* (Mapeamento do fluxo de valor);
W: Atividades desnecessárias – Desperdícios;
WCE: Ciclo Eficiente do Trabalho;
WIP: *Work In Process* (Trabalho no Processo).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Apresentação do Problema.....	3
1.3 Objetivo da Pesquisa.....	5
1.4 Justificativa.....	5
1.5 Limitações.....	6
1.6 Estrutura do Trabalho.....	7
2. REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1 Teoria das Restrições.....	10
2.2 <i>Lean Manufacturing</i>	17
2.3 Seis Sigma.....	23
2.4 Integração dos conceitos TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	29
2.4.1 Convergência do <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	29
2.4.2 Convergência da TOC e Seis Sigma.....	30
2.4.3 Convergência da TOC e <i>Lean</i>	32
2.4.4 Convergência da TOC, <i>Lean</i> e Seis Sigma.....	35
2.5 O MODELO iTLS™.....	39
2.5.1 Contextualização do iTLS™.....	39
2.5.2 Conceito iTLS™.....	42
2.5.3 Etapas do iTLS™.....	45
2.5.4 Etapa 1 - Mobilizar e Focar.....	46
2.5.5 Etapa 2 - Explorar a Restrição.....	48
2.5.6 Etapa 3 - Eliminar fontes de desperdícios.....	50
2.5.7 Etapa 4 - Controlar a variação do processo.....	53
2.5.8 Etapa 5 - Controlar as atividades de suporte.....	55
2.5.9 Etapa 6 - Remover a restrição e estabilizar.....	56
2.5.10 Etapa 7 - Reavaliar o sistema.....	57
3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	58
3.1 Classificação da Pesquisa.....	58
3.2 Ambiente da Pesquisa.....	60
3.2.1 Estudo Preliminar:.....	61
3.2.2 Aplicação do iTLS™.....	63
3.2.3 Considerações:.....	64
4. APLICAÇÃO DO iTLS™ - EMPRESA ALF@	65

4.1	Generalidades da Empresa.....	65
4.2	A cadeia de valor “Gama”	66
4.3	Diagnóstico do Problema	70
4.4	Etapa 1 - Mobilizar e Focar	75
4.4.1	Mapeamento da Cadeia de valor <i>Gama</i>	76
4.4.2	Árvore da Realidade Atual	80
4.4.3	Identificação da restrição.....	84
4.4.4	Determinação de Objetivo	88
4.4.5	<i>Project Charter</i>	89
4.5	Etapa 2 - Explorar a Restrição	90
4.5.1	Especificação do valor WCE da Cadeia de Valor <i>Gama</i>	90
4.5.2	Análise de valor da restrição	91
4.5.3	Injeção de melhoria	100
4.6	Etapa 3 - Eliminar Fontes de Desperdícios	103
4.6.1	Conceito FMLE	103
4.6.2	Análise atual	105
4.6.3	Desenvolvimento do FMLE na linha de montagem	106
4.6.4	Resultados da terceira etapa.....	111
4.7	Etapa 4 - Controlar a variação do processo	118
4.7.1	Análise da variação do DSA	118
4.7.2	Análise da variação do NRFT	120
4.8	Etapa 5 – Controlar as atividades de suporte	121
4.8.1	MASP (Método de Análise e Solução de Problemas).....	122
4.9	Etapa 6 - Remover a restrição e estabilizar	126
4.9.1	Finalização do MASP	126
4.9.2	Padronização na linha de montagem	129
4.9.3	<i>Status</i> final do DSA.....	131
4.10	Etapa 7 - Reavaliar o sistema	133
4.10.1	Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro	133
4.10.2	Árvore da Realidade Futuro - ARF	137
4.10.3	Análise dos resultados da resolução do problema	140
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	145
	ANEXOS.....	152
	APÊNDICE.....	155

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O intenso processo de globalização e internacionalização da economia faz com que a concorrência entre as empresas seja cada vez maior. Desse modo, faz-se necessário que as organizações busquem melhor desempenho em produtividade, qualidade de produtos, redução de custos nas operações e entrega de produtos em tempo e lugar adequados, gerando a satisfação do cliente.

A conquista da competitividade no mercado deve ter como foco a excelência nas operações. Para isso é necessário aceitar novos desafios diários que impliquem na aplicação de processos de melhoramento contínuo nos sistemas produtivos (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Considerando-se os sistemas produtivos no século XX, três abordagens, que revolucionaram e impactaram a forma de trabalho nas operações no mundo, continuam vigentes até os dias de hoje com extraordinários resultados.

A primeira delas é a filosofia do *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta), desenvolvida no Japão pela fábrica da Toyota e idealizada por Taiichi Ohno, na década de 1950. Essa abordagem nasceu como resultado da necessidade de sobrevivência no mercado automobilístico daquele país, concentrado em obter lucratividade pela otimização do fluxo de valor, visando a redução ou eliminação de atividades que não agreguem valor ao cliente, considerados desperdícios.

Na década de 1980, foi desenvolvida por Eliyahu Goldratt a Teoria das Restrições (TOC). A TOC é definida como uma abordagem que enfoca o recurso que impede que um sistema produtivo chegue a um nível melhor de *performance* em relação a sua meta (considerando-se que a meta de toda empresa é ganhar dinheiro). A abordagem é fundamentada em processos de raciocínio lógico, com a finalidade de melhorar o desempenho dos sistemas produtivos em função do seu gargalo. (GOLDRATT, 2002).

Paralelamente, nos anos 1980, foi implantado por Bill Smith, na companhia Motorola, o *Seis Sigma*, um conjunto de práticas que tem como objetivo elevar o nível de desempenho e confiabilidade de processos conforme as necessidades do

cliente. O Seis Sigma, segundo Pande *et al.*, (2001) é definido como uma abordagem de melhoramento contínuo, apoiada por técnicas estatísticas para eliminar defeitos e controlar a variabilidade do sistema pela metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*). Posteriormente, o Seis Sigma se popularizou ao ser aplicado na companhia *General Electric*, por Jack Welch. Como resultado, a empresa apresentou o maior faturamento e lucratividade da história, reduzindo a taxa de falhas em seus produtos eletrônicos.

Após o surgimento da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma é possível verificar em publicações acadêmicas como em Araújo (2004), Sale e Inman (2003) e Dettmer (2000) a tentativa de integrar o *Lean* com a TOC. Também se destacam os esforços de Ehie e Sheu (2005), Jin *et al.*, (2009) e Herrera (2009) em propor a combinação do Seis Sigma com a TOC. A integração do *Lean* com o Seis Sigma aparece ilustrada em pesquisas como as realizadas por George (2002) e por Harnden (2004), entre outros.

Os resultados evidenciam que a integração das abordagens oferece impactos satisfatórios ao alcançar ótimos resultados, confirmando a possibilidade de se associar metodologias em busca do melhoramento contínuo.

O pesquisador Russ Pirasteh propôs um quarto modelo denominado iTLSTM (Integração da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma), que relaciona as três abordagens descritas anteriormente em um modelo único composto de sete passos (Seção 2.5).

A quarta metodologia sugere primeiramente o enfoque na restrição do sistema, em seguida a eliminação dos desperdícios da restrição e por último, o controle da variabilidade de todo o sistema produtivo (PIRASTEH; FOX, 2010).

O iTLSTM surgiu como o resultado de explorações e testes efetuados durante dois anos de pesquisa em vinte e uma plantas de uma multinacional de eletrônicos nos Estados Unidos. A pesquisa comprovou cientificamente que o efeito do novo modelo, em comparação com aplicações de metodologias isoladas, produz maior eficiência, gera maiores benefícios em qualidade, produtividade e lucratividade, e soluciona problemas de curto e longo prazo (PIRASTEH; FALAH, 2006).

O iTLSTM tem se expandido em diversos países pelo mundo. No Brasil já foi implantado em uma multinacional da área da metalurgia, cujo sistema produtivo é de caráter Contínuo¹.

¹ Um sistema de produção de caráter Contínuo, conforme Martins e Laugeni (2001), é um tipo de sistema produtivo que não apresenta interrupções maiores no tempo.

A presente pesquisa foi aplicada em uma multinacional de eletrodomésticos, cujo sistema de produção é do tipo Discreto², e tem como objetivo avaliar a integração da TOC, *do Lean* e do Seis Sigma, com a finalidade de reduzir o *lead time*³ em longo prazo, em uma de suas cadeias de valor.

1.2 Apresentação do Problema

Cadeia de valor é um conceito primordial dentro da filosofia *Lean Manufacturing*, que inter-relaciona as áreas organizacionais comprometidas pela fabricação do produto, desde o cliente, o planejamento da produção, o planejamento de materiais com fornecedores e a fabricação do produto até chegar ao envio (WOMACK; JONES, 2006).

A cadeia de valor pode ser visualizada pela ferramenta VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor) (ROTHER; SHOOK, 2003). Segundo Shingo (1996), enxergar todas as áreas organizacionais pressupõe identificar maiores desperdícios que não poderiam ser percebidos em um primeiro momento.

Araújo (2004) afirma que algumas empresas, ao visualizarem desperdícios, aplicam metodologias isoladas. No entanto, elas se deparam com limitações e não conseguem alcançar os resultados esperados, afetando o *lead time* na cadeia de valor. Nave (2002) cita um exemplo da limitação na TOC ao não estabelecer técnicas estatísticas no controle da restrição do sistema produtivo.

Em relação a não conseguir reduzir satisfatoriamente o *lead time*, a cadeia de valor pode apresentar problemas adjacentes, como a não conformidade de produtos, controle insuficiente da variabilidade no processo produtivo, escassa utilização de ferramentas estatísticas, a não eliminação de restrições em linhas de montagem, entre outros.

Nesse sentido, é importante citar que Womack e Jones (2004) afirmam que muitos gerentes se sentem angustiados diante da falta de métricas e metas

² Um sistema de produção de caráter Discreto, conforme Martins e Laugeni (2001), é um tipo de sistema que apresenta interrupções no tempo produtivo.

³ O termo *lead time* refere-se ao tempo que um produto leva para percorrer a cadeia de valor desde que o momento em que o cliente estabelece a demanda até a fabricação do produto (ROTHER; SHOOK, 2003).

estabelecidas que evidenciem se suas organizações estão sendo eficientes de maneira constante.

Feld (2000) elenca algumas razões pelas quais muitas empresas não têm alcançado os resultados desejados por falta de métricas:

“a) Falta de uma visão clara de como deve ser o novo ambiente enxuto, b) falta de uma definição da direção a ser tomada e dos passos necessários para tal, c) conhecimento limitado no que diz respeito à forma de conduzir a implantação, d) foco direcionado apenas para os mecanismos de funcionamento dos novos processos, sem considerar o impacto dessas mudanças na organização.”

Complementando o pensamento de Feld (2000), Corrêa e Corrêa (2004) defendem que um desempenho baixo em todo o fluxo do sistema produtivo ocorra como o resultado da dificuldade em eliminar a causa raiz. Esse fato faz com que as empresas, na maioria das vezes, tendam a focar em melhorias no curto prazo (problemas inesperados que precisam ser resolvidos no momento). No entanto esses problemas, quando não corrigidos em sua causa raiz, sempre debilitam o desempenho do sistema.

A empresa do setor de eletrodomésticos estudada nesse trabalho apresenta esse tipo de situação, pois aplica metodologias e ferramentas isoladas e sofre com as suas limitações, no momento de visualizar a cadeia de valor como um todo e apresenta tendência a efetuar melhorias de curto prazo. Conseqüentemente, seu resultado em um horizonte de longo prazo não satisfatório dificulta o controle de variabilidade no processo e a eliminação de restrições, principalmente quando o *lead time* não apresenta redução.

Considerando-se o problema apresentado, a seguinte questão orienta o desenvolvimento da pesquisa: *De que forma pode ser realizada a integração das três abordagens e reduzido o lead time na cadeia de valor no longo prazo, de forma de eliminar as possíveis restrições, desperdícios e diminuir a variabilidade na empresa do setor de eletrodomésticos no Brasil?*

1.3 Objetivo da Pesquisa

O presente trabalho tem como objetivo principal integrar os conceitos da TOC, do *Lean Manufacturing*, e do Seis Sigma, por meio da aplicação do modelo iTLS™, para a redução do *lead time*, e por conseguinte eliminar a restrição, os desperdícios e controlar a variabilidade em uma cadeia de valor na multinacional do setor de eletrodomésticos no Brasil.

Para que o objetivo geral seja atingido são definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Referenciar na bibliografia a integração das três abordagens com suas principais metodologias de gestão de melhoramento contínuo, elaborando comparativos entre elas;
- b) Apresentar o modelo iTLS™, criado por Russ Pirasteh (2006) como a quarta abordagem do melhoramento contínuo, descrevendo os passos para sua posterior aplicação;
- c) Aplicar o Processo de Raciocínio exposto pela TOC, segundo Cox e Spencer (2002), que identifica as restrições da cadeia de valor, conforme o modelo iTLS™;
- d) Aplicar o VSM no estado atual e futuro, a fim de enxergar a cadeia de valor, identificar os desperdícios no sistema e calcular o *lead time* total na empresa estudada, conforme conceitos de Rother e Shook (2003), a partir do modelo iTLS™;
- e) Aplicar ferramentas do Seis Sigma, de acordo com o problema da empresa estudada, com o objetivo de controlar e reduzir a variabilidade de erros no processo, conforme o princípio do DMAIC.

1.4 Justificativa

Conforme Agi (2009), a integração de metodologias é voltada à obtenção de resultados econômicos e financeiros que assegurem a sua sobrevivência em mercados muito concorrentes.

A integração, por meio do iTLS™, foi implantada internamente em uma multinacional da área da metalurgia de acordo com Pirasteh e Calia (2010), por ser

uma companhia cujo sistema produtivo é do tipo Contínuo, gerando resultados positivos em seus fluxos.

No entanto, não existe material de referência em pesquisas que ilustre detalhadamente, etapa por etapa, o modelo iTLS™ na multinacional metalúrgica, como também não existem no Brasil pesquisas acadêmicas em dissertações do iTLS™ que permitam aprofundar o conteúdo da integração das abordagens ilustradas em sistemas produtivos de caráter Discreto.

A empresa a ser pesquisada é uma companhia multinacional de eletrodomésticos, cujo sistema produtivo é de caráter Discreto. Suas fábricas na América Latina estão localizadas no Brasil, sendo que a unidade a ser estudada está localizada em Curitiba, no Paraná. Tais fábricas aplicam metodologias distintas de melhoria no processo, sempre oferecendo inovações.

Na tentativa de alcançar o melhoramento contínuo, a empresa aplica métodos do *Lean*, do Seis Sigma e da TOC de forma isolada selecionando qualquer método que ofereça melhores resultados em um determinado projeto. Não obstante, em alguns de seus fluxos de valor não atingem-se as metas nas operações, colocando em risco a satisfação de seus clientes em termos de *lead time*.

A Alta Gerência, com o intuito de lutar contra o problema, deseja aplicar uma metodologia que melhore o *lead time* em sua cadeia de valor, eliminando a origem do problema e aumentando o valor agregado de forma que seja controlada sua variabilidade em um horizonte de tempo maior.

O modelo iTLS™ se apresenta como a metodologia que supre as necessidades para solucionar essa debilidade. De acordo com Marris e Foulogne (2012), uma integração concentrada que aplique a TOC, a eliminação de desperdícios com ferramentas do *Lean* e a redução da variabilidade por meio do Seis Sigma, pode ser uma metodologia que conduz a resultados potencialmente eficientes e permite obter ganhos extraordinários.

1.5 Limitações

A pesquisa é limitada pelas seguintes observações:

- a) A literatura apresenta alguns modelos que integram abordagens do melhoramento contínuo como o Círculo 360 graus, de Moura (2010),

e o *Ultimate Improvement Cycle*, de Sproull (2010), entre outros modelos. No entanto o presente projeto está focado no modelo iTLS™, um modelo originado em uma pesquisa teórica de Doutorado e que foi escolhido para ser aplicado nessa pesquisa-ação;

- b) Durante o projeto não serão apresentados resultados financeiros por serem informações de caráter confidencial.

Quanto á aplicação do modelo iTLS™ existem algumas limitações na cadeia de valor:

- a) O cliente é o Centro de Distribuição da empresa estudada;
- b) Dos 40 componentes que representam a estrutura dos produtos na linha de montagem dentro da cadeia de valor, cinco itens são considerados críticos e, portanto foram escolhidos para serem analisados na presente pesquisa. Durante o trabalho serão denominados C1, C2, C3, C4 e C5;
- c) Considerando a denominação anterior, os fornecedores desses cinco itens críticos também serão denominados F1, F2, F3, F4 e F5, respectivamente.

1.6 Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 são apresentados a introdução do tema, a contextualização, o problema da pesquisa e os objetivos propostos. Posteriormente, é exposta a justificativa da pesquisa, explicitando-se as motivações do trabalho, assim com suas devidas limitações.

No capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica, que serve de embasamento teórico ao pesquisador para o desenvolvimento da dissertação. Os temas desse capítulo são os princípios da TOC, do *Lean Manufacturing* e do Seis Sigma. Na sequência, abre-se uma seção exclusiva que apresenta uma possibilidade de integração das três abordagens. Em seguida, o capítulo é finalizado referenciando-se o modelo iTLS™, criado por Russ Pirasteh.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto, classificando a pesquisa conforme sua natureza, abordagem e objetivo. Em

um último momento, o pesquisador explica o ambiente da pesquisa e o desenvolvimento do modelo aplicado.

No capítulo 4 é apresentada a aplicação do modelo iTLS™. Primeiramente é explicitada a atividade da empresa, sua divisão de negócio no mercado e suas linhas de montagem, preservando-se sempre a identidade da organização. Posteriormente, são implantadas todas as etapas do modelo iTLS™, ilustrando-se a restrição da cadeia de valor, os desperdícios da restrição e por último, o controle da variabilidade da restrição.

Finalmente, o capítulo 5 expõe as considerações finais da pesquisa-ação a partir do objetivo proposto, bem como apresenta sugestões de futuros desenvolvimentos de pesquisas relacionados a essa área.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica tem como objetivo apresentar os conceitos encontrados na literatura que abrangem três importantes temas usados no desenvolvimento desse trabalho: 1. Teoria das Restrições; 2. *Lean Manufacturing*; 3. Seis Sigma.

A partir da conceituação dessas teorias pode ser observada sua integração através do modelo iTLS™ (Figura 2.1):

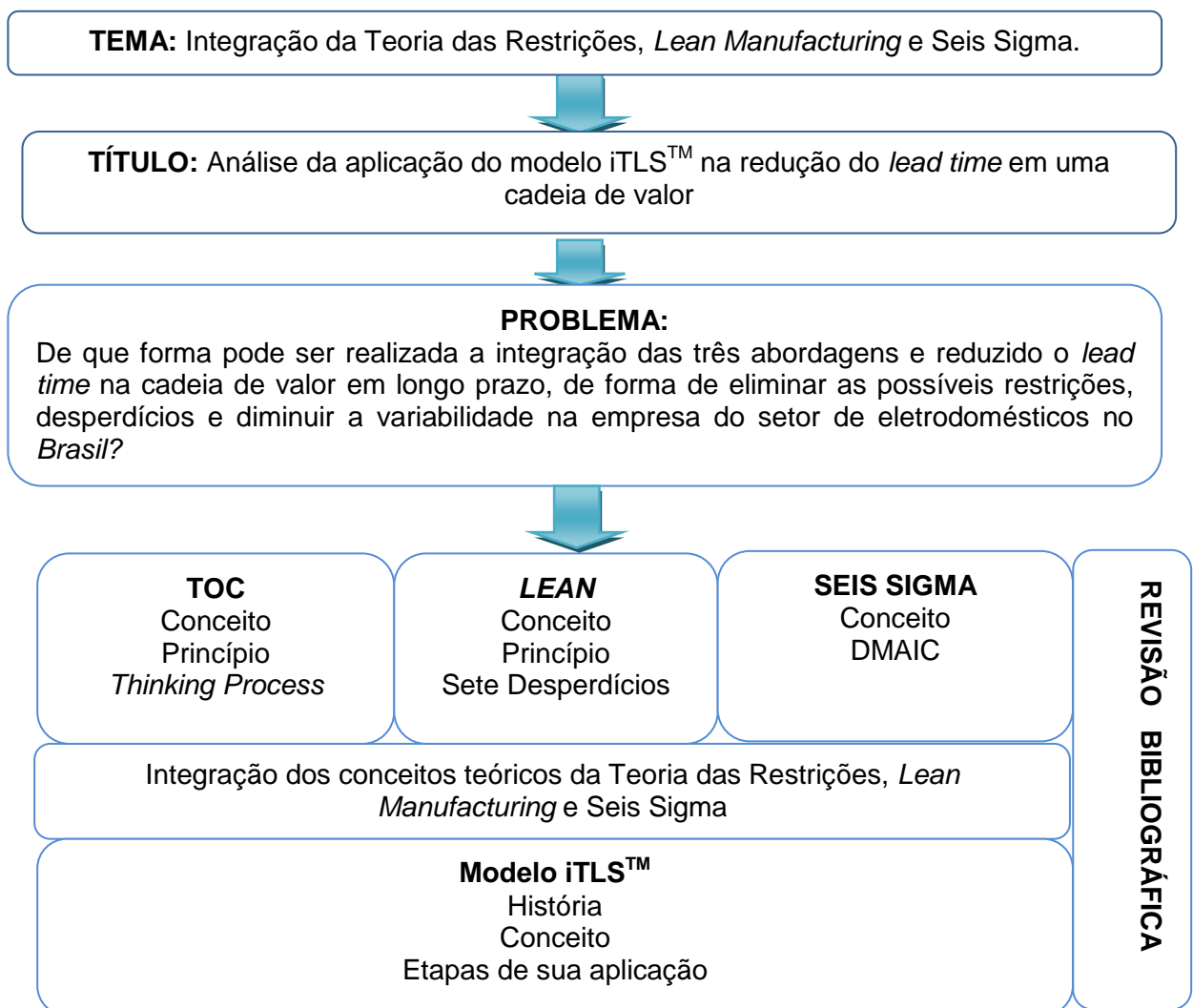


Figura 2.1. Caracterização da Revisão Bibliográfica
Fonte: Elaborado pelo Autor

2.1 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições foi criada pelo físico Eliyahu Goldratt nos anos 1970, ao desenvolver um software para o planejamento de produção com capacidade finita, denominado OPT (*Optimized Production Technology*), que deu origem à TOC. Nos anos 1980, o conceito da TOC expandiu-se através de uma abordagem voltada ao gerenciamento otimizado que engloba todos os processos produtivos (WATSON *et al.*, 2007).

Para Goldratt (2002), é imprescindível que uma empresa tenha como meta a otimização, visando cada vez mais “o ganho de dinheiro”, no presente e no futuro, garantindo assim a competitividade no mercado.

Dentro de cada sistema existe pelo menos uma restrição que limita sua capacidade de atingir os níveis mais elevados de desempenho. Analogicamente, a corrente da restrição seria o elo mais fraco. Portanto, o ponto chave desse princípio é reconhecer que sempre existirão restrições em qualquer sistema (FERNANDES *et al.*, 2009).

Burton-Houle (2001) afirma que a restrição de um sistema pode se apresentar de forma 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.

Para o efetivo gerenciamento das restrições, Rahman (2002) apresenta dois princípios principais em relação à TOC: o primeiro princípio, que estabelece etapas de melhoria contínua juntamente com a metodologia do Tambor, Pulmão e Corda (DBR - *Drum-Buffer-Rope*); e o segundo, voltado para a análise, investigação e resolução de problemas, denominado Processo de Pensamento (TP - *Thinking Process*).

Em relação ao primeiro princípio de gerenciamento das restrições, Goldratt (2002) sugere cinco passos para seu desenvolvimento e posterior implementação de um processo efetivo de melhoria contínua (Figura 2.2):

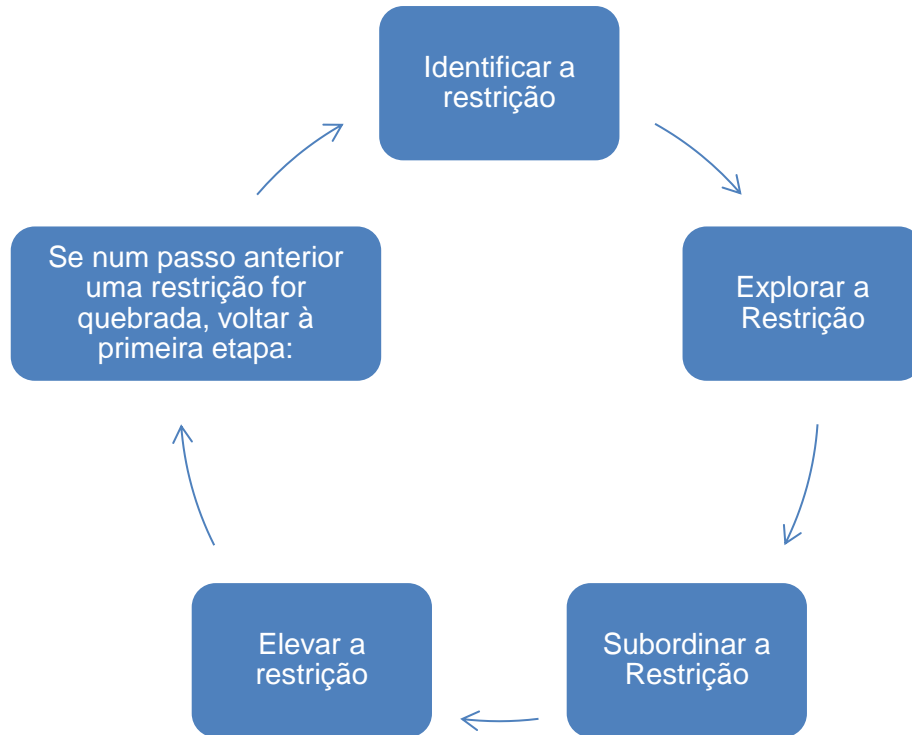


Figura 2.2. Etapas da melhoria contínua da TOC
Fonte: Adaptado de Goldratt (2002)

- a) Identificar as restrições do sistema: nessa primeira etapa, devem ser identificadas as restrições que existem no sistema. Para Goldratt (2009) qualquer restrição é considerada um gargalo, como um recurso, cuja capacidade é igual ou menor que a demanda;
- b) Decidir como explorar as restrições: explorar a restrição significa identificar a melhor forma de aproveitá-la dentro dos limites e dos recursos atuais do sistema (COGAN, 2007).
- c) Subordinar as restrições: segundo Mabin e Balderstone (2003), os recursos não gargalos devem trabalhar de forma sincronizada com a restrição e, dessa forma, garantir que todos os insumos necessários estejam disponíveis na quantidade adequada;
- d) Elevar as restrições no sistema: Goldratt (2002) defende que se deve obter o máximo de retorno das restrições, analisando cuidadosamente os ganhos que são acrescentados ao sistema;
- e) Se em algum passo anterior uma restrição for quebrada, voltar à primeira etapa e não deixar que a inércia origine uma restrição no sistema: em relação ao pensamento exposto por Goldratt, nessa

etapa é preciso renovar o ciclo de melhoria para elevar a inércia do sistema. Se a restrição dos passos anteriores foi quebrada deve-se recomeçar.

De acordo com as cinco etapas do foco das restrições, Schragenheim (2000) afirma que as ações devem ser orientadas no sentido de aliviar a carga de trabalho no recurso restritivo, aumentando sua capacidade de produção. Na terminologia da TOC esse processo é chamado de Tambor, Pulmão e Corda (DBR – *Drum-Buffer-Rope*).

A restrição no sistema faz o papel do Tambor, que “dá o ritmo por meio de suas batidas”. Uma vez identificada a importância de um recurso restritivo do sistema, é preciso garantir que ele não pare. Porém, sabe-se que antes que o gargalo possa processar uma determinada peça, é necessário que ela tenha passado por outros processos (FOLLMANN, 2009).

Segundo Cogan (2007), os pulmões são estoques de peças em produção, inseridos em locais estratégicos entre as operações, estabelecendo proteção contra os atrasos de abastecimento para a próxima operação gargalo (restrição), compensando eventuais variações causadas por uma operação anterior. Dessa maneira garante-se o funcionamento ininterrupto de todas as operações da linha de produção.

A corda é a comunicação necessária entre os pontos críticos, por exemplo, entre o início da linha de produção e o pulmão (SLACK *et al.*, 2009). Assim mesmo, a corda afiança a liberação de insumos para o sistema, conforme a capacidade produtiva da restrição.

A fim de se obter uma ótima gestão dos pulmões, corda e recurso gargalo (restrição), Goldratt (2002) propõe nove itens a serem observados e que podem otimizar o sistema produtivo: 1) Balanceamento do fluxo de seu sistema, não de sua capacidade; 2) O nível de utilização de um recurso não gargalo não é determinado por seu próprio potencial, mas por alguma restrição do sistema; 3) Ativação e utilização de recursos não são sinônimos; 4) Uma hora perdida em um gargalo representa uma hora perdida no sistema inteiro; 5) Uma hora economizada em um não gargalo é apenas uma miragem; 6) Os gargalos governam tanto o fluxo como os inventários; 7) O lote de transferência não precisa e, muitas vezes, não deve ser igual ao lote do processo; 8) O lote de processo deveria ser variável e não fixo; 9) A

programação deveria ser estabelecida analisando-se todas as restrições simultaneamente.

O segundo princípio do gerenciamento das restrições é o Processo de Pensamento (TP – *Thinking Process*) desenvolvido por Goldratt, que foi posteriormente definido por Dettmer (2007) como uma abordagem genérica composta por três perguntas principais e que têm como objetivo abordar a política de restrições e criar soluções inovadoras usando bom senso e conhecimento intuitivo e lógico.

Segundo Cox e Spencer (2002), o TP é composto por um conjunto de ferramentas a serem utilizadas individualmente ou interligadas de maneira lógica, na identificação do problema central de um sistema produtivo (Tabela 2.1):

Tabela 2.1. Relação entre as questões genéricas do TP, propósito e ferramentas.

PERGUNTA	PROPÓSITO	FERRAMENTAS
O que mudar?	Identificar a restrição	ARA
Para o que mudar?	Desenvolver estratégias práticas aplicadas à solução	DDN ARF
Como causar a mudança?	Implementar soluções	AT

Fonte Adaptado de Cox e Spencer (2002).

A primeira pergunta: *O que mudar?* necessita de intensa reflexão para ser respondida, já que é necessário realizar um diagnóstico da situação que encontre o problema raiz do sistema produtivo (RAHMAN, 2002). Nesse sentido, Goldratt (2004) recomenda não focar nos sintomas do sistema (efeitos), mas sim, em suas causas comuns, utilizando-se a Árvore da Realidade Atual (ARA).

Para Rentes (2000), a ARA é um diagrama formado por meio de conexões de causa e efeito que interliga todos os efeitos indesejáveis (EIs), permitindo analisar o Problema-Raiz ou Restrição (Figura 2.3):

- c) Procurar relação entre os efeitos;
- d) Determinar qual efeito é a causa e qual é a consequência. Conforme a figura 2.4, por exemplo, estabelecer a relação “SE *causa*, ENTÃO *consequência*”;
- e) Continuar o processo de conexão dos efeitos, até que todos sejam interconectados entre si;
- f) Examinar as causas para encontrar o problema raiz (Restrição).

Após a construção da ARA, é interessante identificar quais são os efeitos indesejáveis que podem ser analisados, verificando os diferentes graus de controle desses efeitos indesejáveis dentro da empresa. Os graus de controle são as limitações que os membros de uma equipe que está implementando uma melhoria podem ter para eliminar a restrição. Dettmer (2000) classifica os efeitos indesejáveis em três categorias de controle: Esfera de influência, Área de controle e Ambiente incontrolável (Figura 2.5):

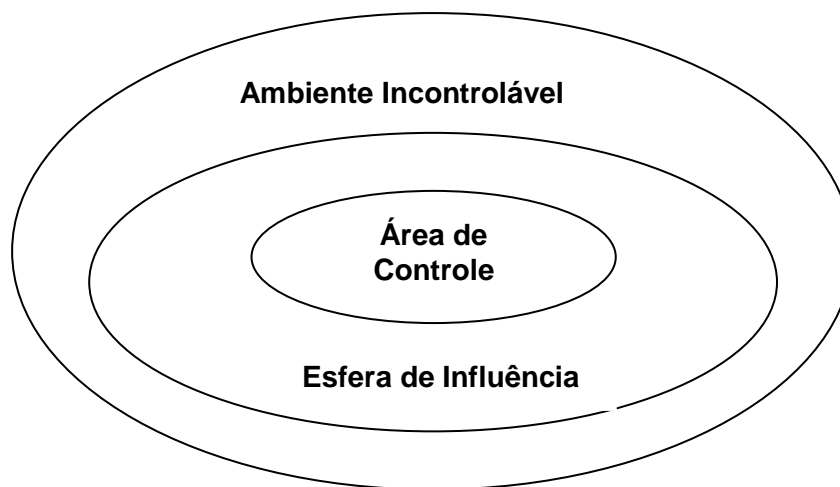


Figura 2.5. Graus de Controle dos Efeitos Indesejáveis
Fonte: Adaptado de Dettmer (2007)

- a) Esfera de influência: é a região sobre a qual é possível exercer influência, em algumas situações, mas os responsáveis pelo projeto não têm controle sobre ela;
- b) Área de controle: são aqueles efeitos ou entidades sobre os quais os responsáveis pelo projeto têm controle total e completa autoridade para realizar mudanças;

- c) Ambiente incontrolável: efeitos sobre os quais os responsáveis pelo projeto estão completamente limitados para aplicar mudanças.

A segunda pergunta: *Para o que mudar?* refere-se ao caminho que se deve seguir a fim de eliminar o problema raiz que restringe o desempenho do sistema. Conforme Santos (2003), a resolução do problema precisa definir o conflito dos efeitos indesejáveis. Uma ferramenta essencial para responder a essa pergunta é o Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN).

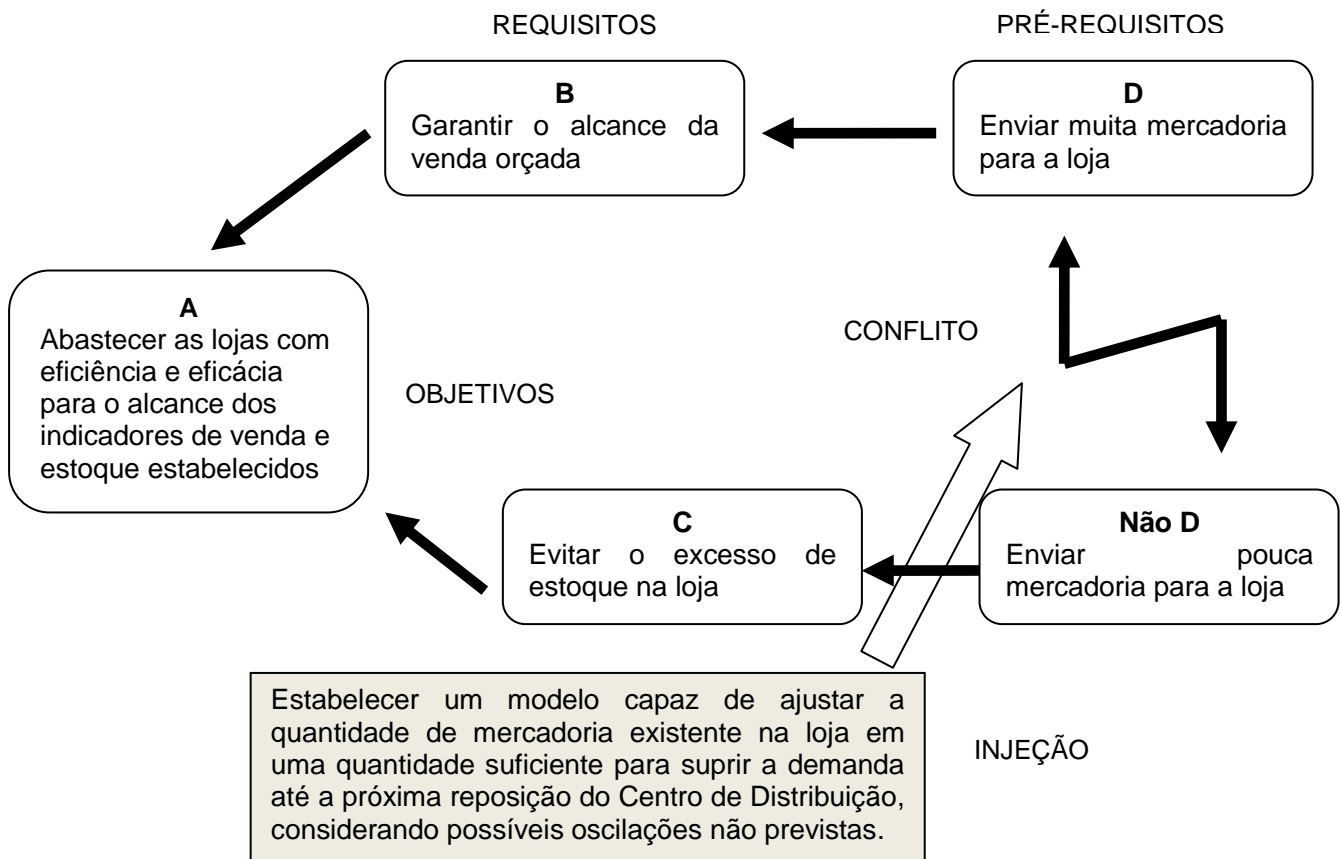


Figura 2.6. Exemplo do Diagrama de Dispersão de Nuvem (DDN)
Fonte: Adaptado de Santos (2003)

O DDN oferece uma visão a ser seguida ou uma idéia na resolução do problema (AGI, 2009). Com essa orientação é fundamental construir uma solução por completo e estabelecer um plano para o futuro. A ferramenta lógica que constrói essa solução futura é a Árvore da Realidade Futura (ARF) que ilustra os efeitos desejáveis após da implantação da injeção de melhoria no diagrama ARA.

Segundo o conceito da ARF, é importante definir como é implementada essa estratégia e, para melhor responder a essa pergunta pode ser usado o diagrama da

Árvore de Pré-Requisitos (APR), que constrói passos necessários e objetivos intermediários a serem alcançados. Além disso, a Árvore de Transição (AT) define as ações que precisam ser tomadas para que a realidade seja mudada, com a finalidade de atingir os objetivos intermediários da APR (DETTMER, 2001).

A terceira pergunta: *Como causar a mudança?* envolve a questão de como transpor as barreiras culturais das pessoas e da estrutura gerencial já existente.

De acordo com os dois componentes do gerenciamento das restrições, Goldratt (2002) enfatiza a necessidade da empresa de encontrar as medidas necessárias para guiar e controlar seus esforços focalizando sua meta. Tradicionalmente, são usadas três medidas financeiras na avaliação da empresa: ganho, inventário e despesa operacional.

Com as três medidas mencionadas, Goldratt (2002) cita dois parâmetros essenciais para determinar o grau com que a meta está sendo atingida: o Lucro Líquido, que mede a diferença do ganho menos o valor de gastos que a empresa realiza para transformar inventário em ganho e o Retorno sobre Investimento, que dimensiona o esforço para alcançar um determinado nível de lucro.

2.2 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que surgiu no Japão, na *Toyota Motors Company*, como resultado da necessidade de sobrevivência no mercado automobilístico japonês. Para isso, foi criado um sistema de produção de caráter alternativo, liderado por Taichi Ohno, denominado *Toyota Production System* (STP – Sistema Toyota da Produção).

De acordo com Liker (2005), o STP é definido como uma organização da produção partindo da eliminação ou redução das ações que não agregam valor ao cliente e, ao mesmo tempo, aumentando as ações que agregam valor sendo mais eficazes no momento que o cliente deseja.

Ohno (1997) afirma que a eliminação das atividades que não agregam valor leva à redução de custos, o que resulta em aumento da margem de lucro e conseqüentemente torna uma empresa mais competitiva.

Conforme Spear e Bowen (1999), a essência da filosofia do sistema de produção da Toyota é sustentada por dois princípios: o *Just in Time* (JIT) e a Automanação (*Jidoka*). O JIT, segundo Martins e Laugeni (2001), representa aquilo que deverá ser produzido, no momento certo e lugar certo, para atender a demanda do cliente, ou seja, produzir somente o que realmente for necessário. O termo japonês *Jidoka* refere-se ao ato de disponibilizar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processo no momento em que for detectada uma anormalidade, dessa forma é reduzida a não conformidade no fluxo (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2011).

A partir do início da década de 1990, o STP sofreu um processo de evolução e passou a ser conhecido como Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) (WOMACK; JONES 2006). Os autores do novo termo, Womack *et al.*, (1992), apresentam cinco princípios para a configuração do conceito *Lean*:

- a) **Valor do Cliente:** segundo Womack e Jones (2006), o primeiro princípio consiste em definir detalhadamente o significado de valor de um produto a partir da expectativa do cliente (O que o cliente está disposto a pagar);
- b) **Fluxo de Valor:** conforme Rother e Shook (2003), o fluxo de valor é toda ação, seja ela já agregando valor ou não, necessária para que um produto percorra todos os fluxos essenciais, desde a matéria prima até o cliente. Uma ferramenta essencial para se olhar a cadeia produtiva como um todo é o VSM. O VSM, conforme Ferro (2003), permite a visualização da cadeia de valor de uma maneira simples por meio de simbologias (Anexo I). Uma cadeia de valor é composta por fluxo de processos, material e informações que ajudam a identificar os desperdícios, assim como suas fontes (Figura 2.7):

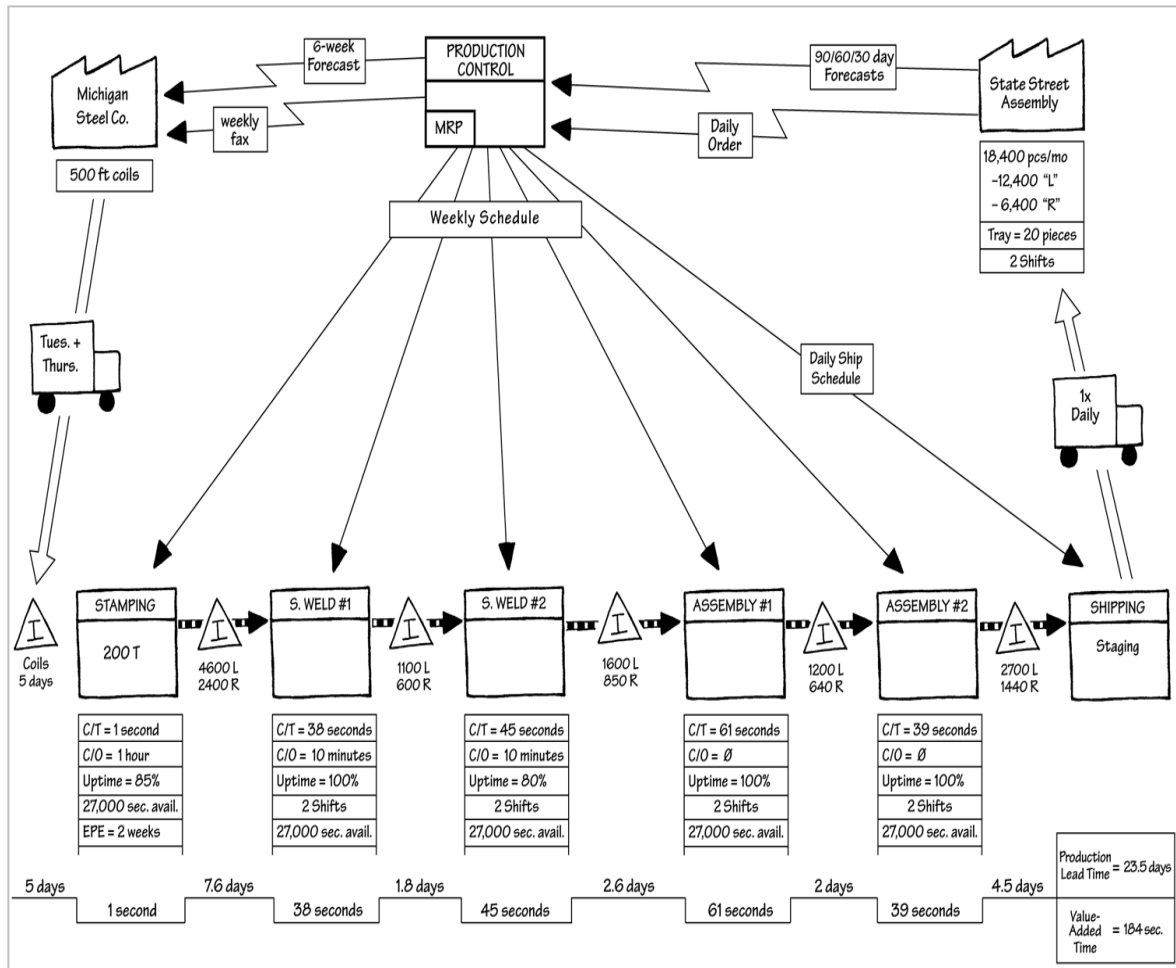


Figura 2.7. Ilustração do Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM)
Fonte: Rother e Shook (2003)

Através do VSM, pode-se calcular quantitativamente o *lead time* de uma cadeia de valor pela seguinte equação:

$$Lead\ Time = \frac{Quantidade\ de\ estoque\ componentes}{Demanda\ Diária}$$

[1]

- c) **Fluxo Contínuo:** de acordo com Rother e Harris (2002), o fluxo contínuo ocorre quando os itens são processados e transferidos diretamente de um processo para o próximo, em uma peça de cada vez (*One piece flow*), sempre com o mesmo tamanho de lote de transferência;

- d) **Produção Puxada:** segundo Hines e Taylor (2000), a produção puxada sugere que o processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente do processo posterior o solicite;
- e) **Perfeição:** a busca pelo aperfeiçoamento em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa em processos transparentes, em que todos os membros da cadeia tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo buscar continuamente melhores formas de criar valor (WOMACK; JONES, 2006).

Os cinco princípios do Pensamento Enxuto nas organizações podem ser aplicados quando se busca eliminar os sete desperdícios (*Muda*) descritos pelo Ohno (1997):

- a) **Superprodução:** Produzir antecipadamente ou em quantidades maiores do que o necessário. Esse tipo de desperdício surge e decorrência de problemas e restrições no processo produtivo, como o longo tempo de preparação de equipamentos, levando à produção em grandes lotes. (HINES *et al.*, 2004);
- b) **Estoque:** Pode ser considerado como consequência da superprodução. Produzir mais do que o cliente precisa, gera estocagem maior do que o esperado (SHINGO, 1996);
- c) **Espera:** De acordo com Slack *et al.*, (2009), a espera representa longos períodos de ociosidade, como consequência do desbalanceamento nas atividades em relação à demanda do cliente, cujo resultado negativo é um *lead time* longo;
- d) **Transporte:** De acordo com Martins e Laugeni (2001), o transporte é uma atividade que não agrega valor, por isso mesmo deve ser reduzido ao máximo através de melhorias no layout do sistema produtivo de forma a minimizar as distâncias a serem percorridas;
- e) **Movimentação:** Refere-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de suas atividades (HINES; RICH, 1997). Na maioria dos casos, o desperdício por movimentação gera desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa *performance* dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens;

- f) **Processos desnecessários:** São as fontes de desperdício no próprio processo, por exemplo, paradas não planejadas nas máquinas ou em toda a linha, processos complicados, ferramentas inadequadas, etc. (OHNO, 1997);
- g) **Não conformidade:** A não conformidade acontece como resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam os requisitos de aplicação (WOMACK; JONES, 2004).

Baseados nesses princípios, Hines e Rich (1997) definem três tipos de atividades em uma cadeia de valor, de acordo com as necessidades do cliente e delineadas pela figura a seguir:

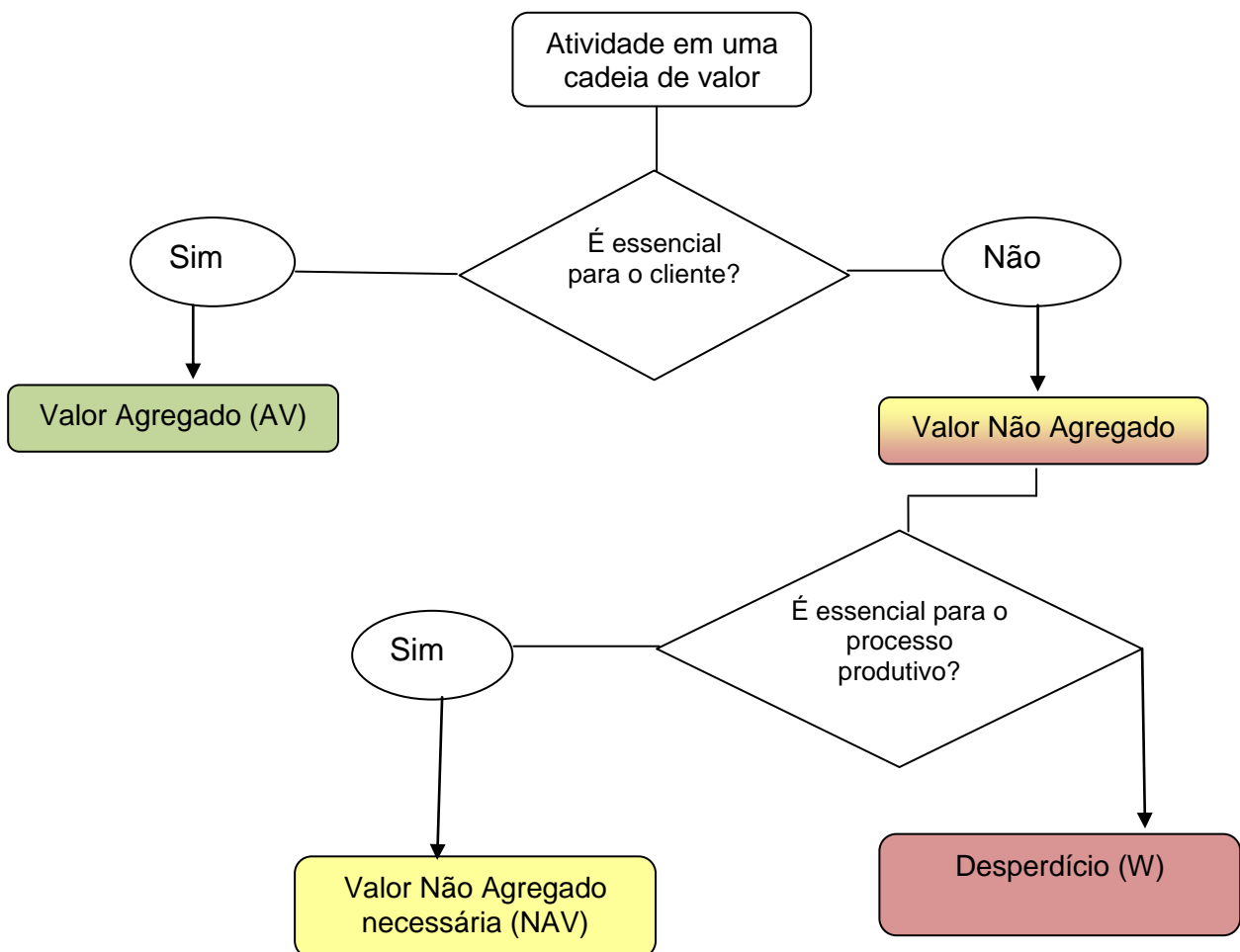


Figura 2.8. Tipos de atividades em uma cadeia de valor
 Fonte: Adaptado de Hines e Rich (1997)

- a) **Atividades que agregam valor (AV):** são aquelas atividades que, a partir da perspectiva do cliente final, tornam o produto ou serviço importante e pelo qual eles estão dispostos a pagar, para satisfazer sua necessidade, portanto, devem ser maximizadas;
- b) **Atividades necessárias, mas que não agregam valor (NAV)** são aquelas atividades que, da perspectiva do cliente final, não geram valor, mas que são necessárias nas operações, por exemplo, testes ou auditorias, embalagens. Em uma cadeia de valor esses tipos de atividades, devem ser minimizados;
- c) **Atividades que não agregam valor (W):** são as atividades que, da perspectiva do cliente final, não agregam valor e ao mesmo tempo são desnecessárias na cadeia de valor e, portanto, devem ser eliminadas, como por exemplo, o tempo de espera e o retrabalho.

Assim, no conjunto da cadeia de valor e suas atividades é importante considerar se estas agregam valor ou não. Ballis (2001) define o Ciclo Eficiente do Trabalho (WCE) como uma métrica de eficiência de uma cadeia de valor, conforme as atividades AV:

$$WCE = \frac{\text{Tempo do Valor Agregado}}{\text{Lead Time Total}}$$

[2]

Hines e Taylor (2000) afirmam que em um ambiente de produção de bens (manufatura ou fluxo logístico) as relações entre os tempos consumidos pelos três tipos de atividades giram em torno da seguinte proporção:

- a) 5% de atividades que agregam valor (AV);
- b) 60% de atividades que não agregam valor e desnecessárias (W);
- c) 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias (NAV).

Em resumo, o principal objetivo das organizações que adotam a filosofia *Lean* é melhorar a proporção das atividades que agregam valor (AV) ao produto conforme o cliente, e assim, melhorar os ganhos relacionados à qualidade, aos custos e à entrega. Com relação à qualidade, Hines *et al.*, (2004) afirmam que se

deve reduzir refugo, retrabalho, peças por milhão com defeitos e falhas. Em relação aos custos devem-se reduzir investimentos, custo de qualidade, logística, custo de estoques de matéria prima e de produto final, manutenção e horas extras. Para melhorar a entrega podem ser considerados a redução do tempo de entrega, o tempo de processo, as entregas atrasadas e o tamanho do lote.

2.3 Seis Sigma

De acordo com Macadam e Lafferty (2004), o Seis Sigma, em combinação com as duas abordagens, é definido como:

“Estratégias que buscam a satisfação dos clientes e os menores custos pela redução da variabilidade e dos defeitos. Também, representa uma medida de desempenho e meta para operação de processos, com uma taxa de 3,4 falhas por milhão de atividades ou ‘oportunidades’”.

A partir de sua abordagem estatística, o Seis Sigma tem como objetivo reduzir a variação, num produto ou processo, de modo a atingir um desvio padrão muito baixo (SNEE, 2000), em outras palavras, o objetivo estatístico do Seis Sigma é centrar o processo no objetivo estipulado.

Para Harry e Schroeder (2000), é preciso determinar o quanto de variação pode ser aceitável para o cliente. O Limite Inferior de Especificação (LIE) e o Limite Superior de Especificação (LSE) representam os limites dentro dos quais o sistema deve operar e indicam a capacidade do processo.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\delta} = \frac{VOP}{VOC} \quad [3]$$

Onde:

LSE: Limite Superior de Especificação;

LIE: Limite Inferior de Especificação

6δ : Processo padrão de Variação.

Tradicionalmente, o Seis Sigma, segundo Harry e Schroeder (2000), é usado para representar uma gama de dados de uma população com uma distribuição normal (Figura 2.9). Matematicamente na distribuição normal, 68,2% dos dados se situam num intervalo entre -1σ e $+1\sigma$, 95,44%, num intervalo que se situa entre -2σ e $+2\sigma$ e 99,73% num intervalo que se situa entre -3σ e $+3\sigma$, relativamente à média da população.

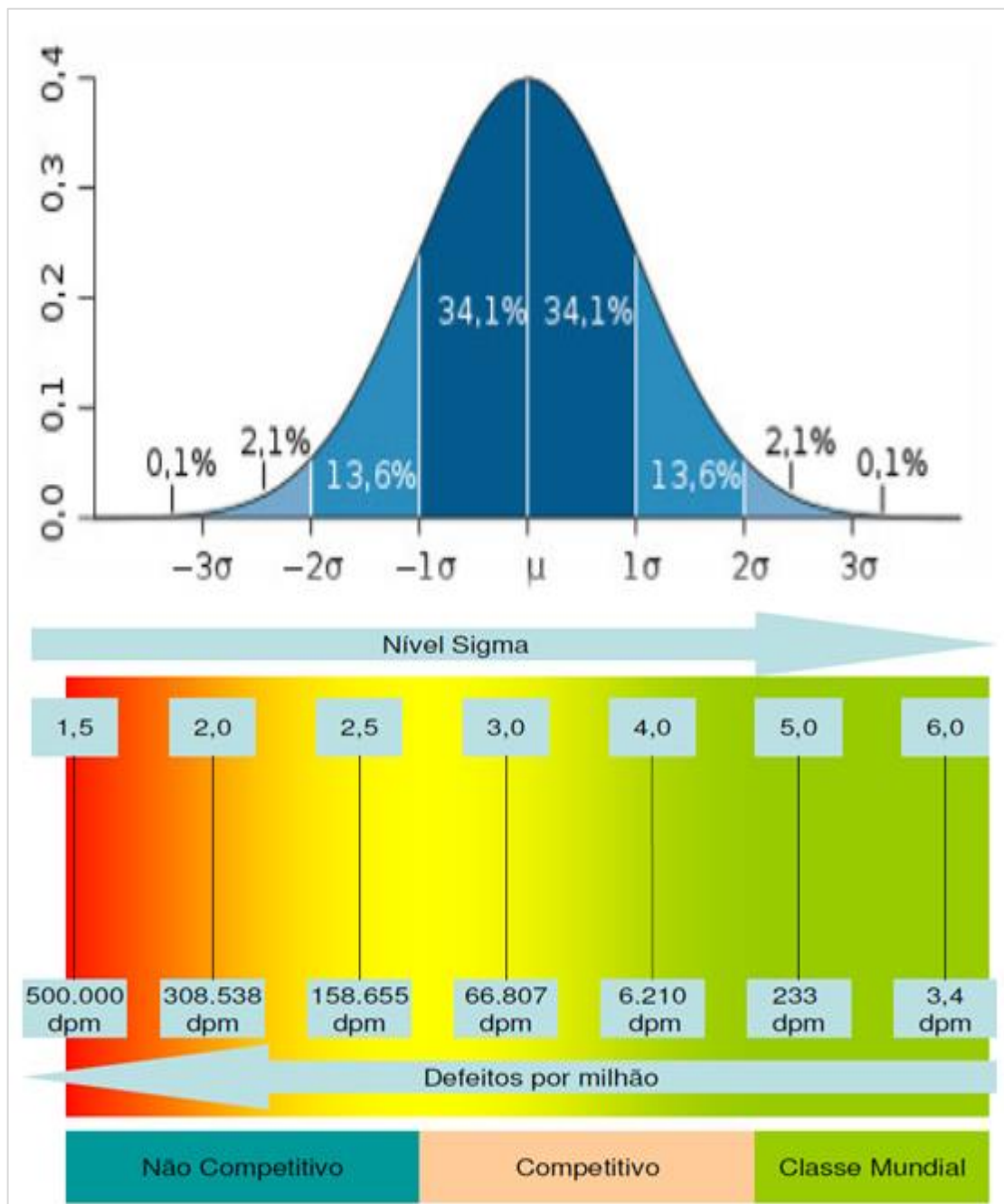


Figura 2.9. Curva de Distribuição Normal e Nível Sigma
Fonte: Harry e Schroeder (2000)

Em relação à figura anterior, quanto maior o nível Sigma, menor será a possibilidade de defeitos em um processo, produto ou serviço. Desta forma, a organização operará em um nível “Classe Mundial” (ECKES, 2001). Em outro conceito apresentado por Werkema (2002), o nível Seis Sigma é baseado no DPMO (Defeitos por milhão de Oportunidades), que indica oportunidades de defeitos e refere-se à probabilidade de um erro voltar a ocorrer. Também o nível Sigma relaciona a capacidade Cp, que reflete a capacidade de um processo em produzir sem defeitos conforme os limites LIE e LSE (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Escala Sigma e número de defeitos correspondentes

Nível da Qualidade	Defeitos por Milhão-DPMO (ppm)	Fator Percentual	Custo de Qualidade	Capacidade do Processo CP
2 Sigma	308.537	69,15	Não Aplica	0,67
3 Sigma	66.807	93,32	25 - 40%	1,00
4 Sigma	6.210	99,379	15 - 25%	1,33
5 Sigma	233	99,9767	5 - 15%	1,67
6 Sigma	3,4	99,99996	< 1%	2,00

Fonte: Adaptado de Werkema (2002)

Para calcular o nível Seis Sigma, a medição do nível de desempenho pelo DPMO, é aplicada tanto a processos físicos como a serviços. Segundo Eckes (2001), quando é aplicado a um processo físico é normalmente medido em Peças Defeituosas por Milhão (PPM's) e quando é aplicado a um serviço é apresentado em termos de DPMO.

Antes de calcular o DPMO, é necessário determinar o DPO (Defeito por unidade) definido como a quantidade de defeitos e oportunidades em uma determinada produção.

Para Werkema (2002), uma “Oportunidade” é conceituada como as diversas oportunidades de surgimento de um defeito, e varia de acordo com a complexidade da unidade processada. Isto significa que varia de acordo com o número de componentes, quantidade e complexidade de operações, número de pessoas envolvidas, etc. Por conseguinte, o valor DPMO pode ser convertido para o nível Seis Sigma de acordo com os seguintes cálculos:

$$DPO = \frac{\text{Quantidade de Defeitos}}{\text{Quantidades produzidas} \times \text{quantidade de oportunidades}} \quad [4]$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000,00 \quad [5]$$

A relação do DPMO com o nível Seis Sigma é ilustrada na tabela 2.2 e apresentada detalhadamente no Anexo II.

A partir de sua abordagem estratégica (Werkema, 2002), o Seis Sigma é definido como uma metodologia de gestão que elimina os efeitos negativos da variação nos processos. A metodologia do Seis Sigma, segundo Pyzdek (2003), oferece um modelo de resolução de problemas, conforme a “Voz do Cliente” (VOC), e utiliza essa abordagem estatística para o controle do processo (VOP – Voz do Processo). Qualquer que seja a melhoria definida, esta deve causar impacto na satisfação do cliente e na criação de valor.

A medição do nível de desempenho de um processo ou serviço deve começar com o cliente. Segundo Pande *et al.*, (2001) uma vantagem do Seis Sigma é que esta satisfação é avaliada de uma forma objetiva: um produto ou serviço atende ou não aos requisitos do cliente.

Um princípio citado por Ariento *et al.*, (2005) é a melhoria de processos. Han e Lee (2002) definem a melhoria de processos como uma estratégia de busca de soluções para eliminar as causas de problemas de desempenho em processos já existentes na empresa. A metodologia mais importante do Seis Sigma em relação ao melhoramento contínuo é o DMAIC.

O DMAIC (Figura 2.10) é o método mais utilizado e é composto por cinco etapas que possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos Seis Sigma e estabelece uma forma sistemática de realizar melhoria contínua de forma objetiva, com auxílio de técnicas e ferramentas estatísticas (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007):

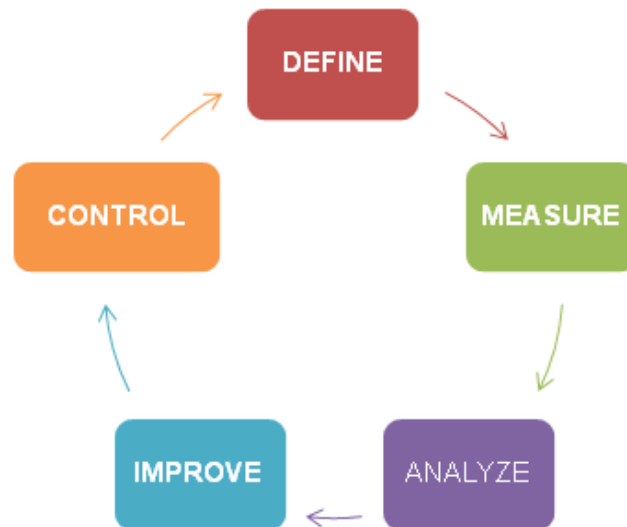


Figura 2.10. Etapas do DMAIC
Fonte: Adaptado de Andrietta e Miguel (2002)

1. Define (Definir): A primeira etapa define o espaço do projeto. Cleto e Quinteiro (2011) sugerem a construção de um *Business Case*, que estabelece as diretrizes para a formação de um grupo de trabalho e elaborado pelo *Champion*. Algumas questões devem ser respondidas nessa fase: a) Qual é o problema ou oportunidade? b) Qual indicador será utilizado para medir o histórico do problema? c) Há dados confiáveis para o levantamento do histórico? d) Como o indicador vem se comportando ao longo do tempo? e) Qual é a meta? f) Quais os ganhos potenciais do projeto? g) Qual equipe desenvolverá o projeto? h) Qual é o cronograma do projeto? i) Qual é o principal processo envolvido?
2. Measure (Medir): A segunda etapa consiste em determinar a localização ou o foco do problema (ANTONY; BANUELAS, 2002). Aqui se inicia o surgimento de uma demanda maior de informações e possível medir os processos envolvidos com maior detalhamento. Para isso, as seguintes questões devem ser respondidas: a) Como o problema pode ser estratificado? b) Quais são os focos do problema? c) Como os focos do problema se comportam ao longo do tempo? d) Quais são as metas especificadas para cada foco do problema? Para responder as questões acima, Pande e Cavanagh (2002) sugerem

aplicar as seguintes ferramentas: Estratificação, Cartas de Controle, Diagrama de Pareto, Histogramas, Análise de capacidade de processo, Análise de séries temporais, Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM).

3. Analyse (Analisar): A terceira etapa do DMAIC consiste em determinar as causas do problema principal. Cleto e Quinteiro (2011) sugerem que nessa etapa sejam analisadas as informações, buscando-se determinar as causas fundamentais do problema identificado. Pande *et al.* (2001) , assim como Kumar e Sosnoski (2009), situam questões a serem respondidas: a) Qual o processo causador do problema? b) Quais são as causas potenciais na criação do problema? c) As causas potenciais foram comprovadas quantitativamente? Cleto e Quinteiro (2011) ilustram ferramentas para se averiguar as questões acima mencionadas: Fluxograma, Mapa de processo, FMEA, *Brainstorming*, Diagrama Causa e Efeito, Matriz de Priorização, Teste de Hipótese, Análise de Variância.
4. Improve (Melhorar): Nessa fase deve-se propor, avaliar e implementar as soluções que vão eliminar o problema identificado. Essas soluções, conforme Lynch *et al.*, (2003), devem ser priorizadas e ter seus riscos avaliados, para então se elaborar e executar um plano para sua implementação. Nessa fase Kumar e Sosnoski (2009) recomendam atividades como: a) Gerar idéias de soluções potenciais para eliminar as causas fundamentais do problema; b) Priorizar soluções potenciais; c) Avaliar e minimizar riscos das soluções prioritárias; d) Testar as soluções priorizadas; e) Elaborar ou executar plano de implementação das soluções. Cleto e Quinteiro (2011) instituem ferramentas essenciais nessa etapa para implementar as soluções propostas: *Brainstorming*, 5W2H, *Kanban*, *Kaizen*⁴, Diagrama de Gantt, Diagrama de Árvore.
5. Control (Controlar): Essa última fase apresenta a avaliação do objetivo do projeto no longo prazo. As soluções devem ser monitoradas para a confirmação da solução do problema

⁴ *Kaizen* faz referência à Melhoria Contínua (LIKER, 2005).

permanentemente (LYNCH *et al.*, 2003). Conforme Pande e Cavanagh (2002), na etapa de Controle utiliza-se conjunto de ferramentas, tais como: 5s, Gestão Visual, Treinamentos, Cartas de Controle, Análise de capacidade de processo, *Poka Yoke*⁵, entre outros. Lynch *et al.*, (2003), afirmam que no caso de o resultado da avaliação não ser favorável, deve-se retornar à fase do *Measure*, para se verificar se houve algum problema ou falha na definição ou medição dos indicadores.

2.4 Integração dos conceitos TOC, *Lean* e Seis Sigma

Autores como Okimura e Bernardi (2012) e Pacheco e Valle (2011) enfatizam a complementação de fundamentos da Teoria das Restrições, *Lean* e Seis Sigma, o que permite suprir deficiências ou limitações de cada uma delas devido a complexidade de alguns processos. A partir de uma abordagem mais ampla pode-se visualizar as relações entre o *Lean* e Seis Sigma, Seis Sigma e a TOC e entre a TOC e o *Lean*.

2.4.1 Convergência do *Lean* e Seis Sigma

A integração da filosofia *Lean* com o Seis Sigma, conforme Harnden (2004), proporciona elementos complementares, integrados e que diminuem os pontos fracos que cada uma possui. Segundo George (2002), o *Lean* não apresenta métodos estruturados de soluções de problemas com ferramentas estatísticas para focar a variabilidade no processo, fundamento que pode ser complementado pelo Seis Sigma. Desse modo, o Seis Sigma não enfatiza a melhora da velocidade no sistema produtivo e reduções do *lead time* no fluxo de valor, aspecto que pode ser suprido com os fundamentos do *Lean*.

Werkema (2006) afirma que a combinação do *Lean* com o Seis Sigma constitui uma abordagem mais poderosa, uma vez aplicadas ferramentas do *Kaizen*,

⁵ É um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2011)

que promovam uma mudança mais intensa e rápida, e que assim mesmo, mantenham os ganhos, reduzindo a variação do processo (Figura 2.11).

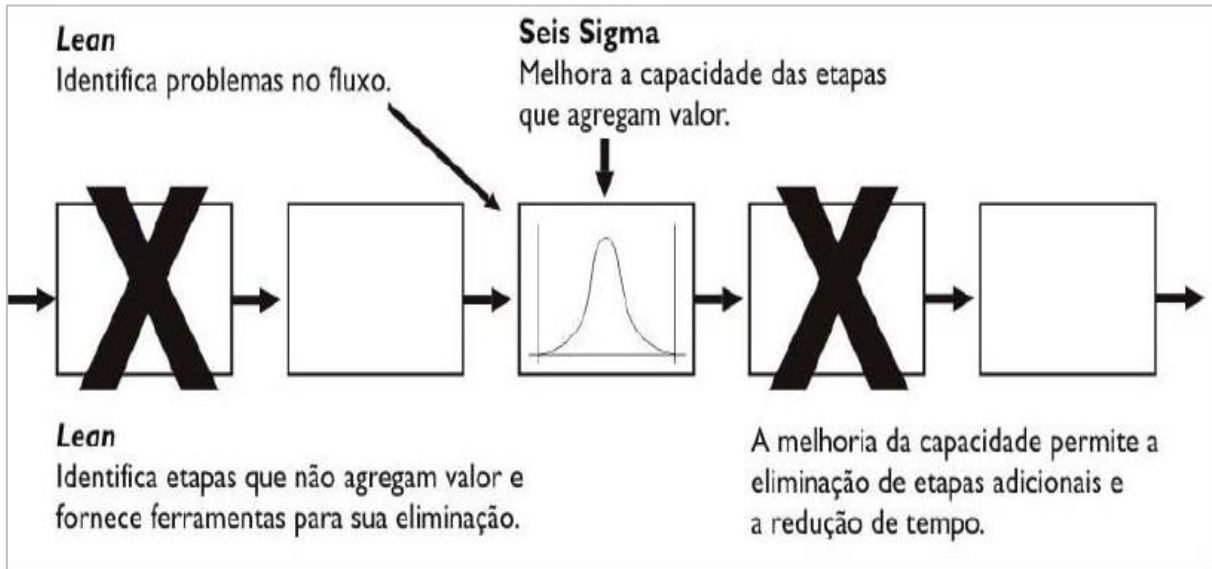


Figura 2.11. Contribuição do Seis Sigma e o Lean para a melhoria dos processos
Fonte: Werkema (2006)

Conforme a figura anterior, que ilustra a essência da integração das duas abordagens, a natureza do problema é que define a escolha da abordagem e das ferramentas a serem usadas (SNEE, 2010). Arnheiter e Maleyeff (2005) sugerem que, em caso de alteração ou de variação do processo, é adequado aplicar o Seis Sigma e nos casos de melhoria no fluxo de processo, de informações, de materiais ou redução do *lead time* é indicado o uso do *Lean*. Porém, segundo os autores, ambas podem ser usadas para redução de perdas, de valor não agregado e de tempo de ciclo.

Dessa forma, o equilíbrio da integração das duas abordagens objetiva a criação do valor do cliente e ao mesmo tempo a redução das variações para níveis aceitáveis no sistema produtivo, minimizando desperdícios e custos no processo (HARNDEN, 2004).

2.4.2 Convergência da TOC e Seis Sigma

A forma comum de integração entre a Teoria das Restrições e Seis Sigma consiste em identificar a restrição do sistema que impede alcançar o máximo

desempenho e aplicar o Seis Sigma para reduzir a variação do processo e solucionar o problema (HERRERA, 2009).

Conforme Jin *et al.* (2009), a integração entre a TOC e Seis Sigma apresenta três vantagens principais no melhoramento contínuo:

- a) A restrição ou gargalo é analisado, medido e controlado por ferramentas estatísticas, expandindo a compreensão do problema e das soluções na tomada de decisão;
- b) A restrição é o primeiro foco a ser analisado, gerando o aumento de ganho na organização;
- c) O Seis Sigma é escolhido pela visão da Teoria das Restrições para fundamentar os resultados estatísticos em todo o sistema da empresa.

Dentro do contexto dos princípios das duas abordagens, no caso do DMAIC e dos cinco passos de raciocínio da TOC, Ehie e Sheu (2005) afirmam que as duas metodologias oferecem semelhanças no melhoramento contínuo, e para tanto propuseram um modelo em seis etapas que integra os dois fundamentos (Figura 2.12).

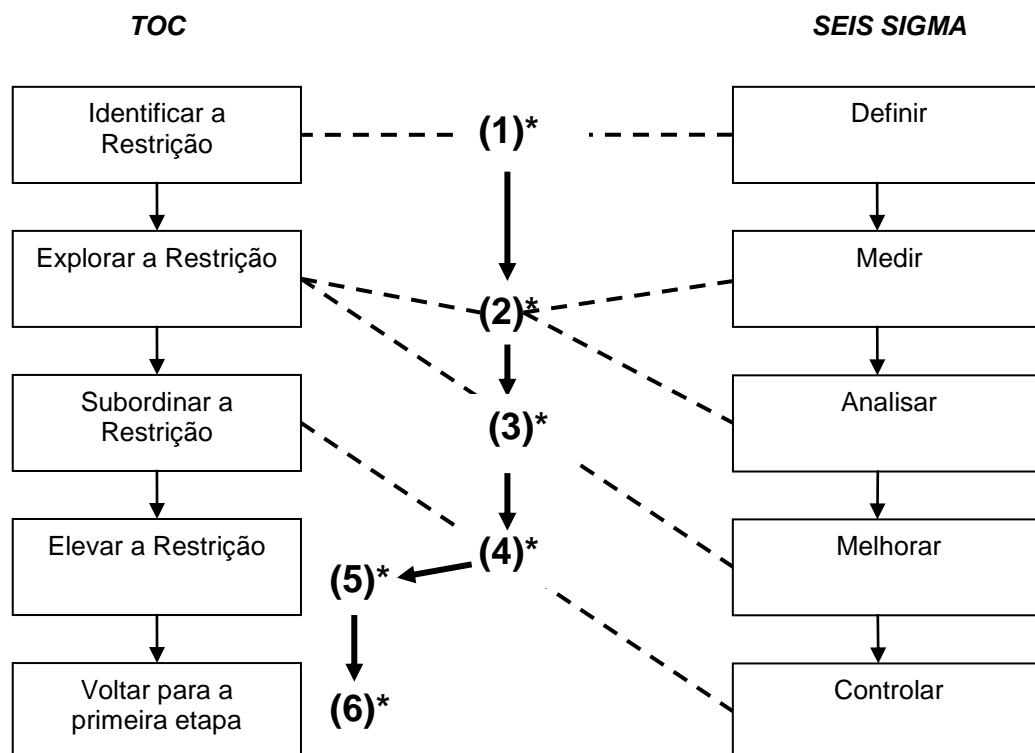


Figura 2.12. Modelo proposto integrando a TOC e Seis Sigma
Fonte: Adaptado de Ehie e Sheu (2005)

A primeira etapa identifica as restrições, da mesma forma que a primeira fase do DMAIC (*Define*) do Seis Sigma. A segunda etapa dá continuidade à lógica da TOC na exploração da restrição, aplicando em conjunto as fases de *Measure* e *Analyze* do DMAIC. A terceira etapa explora as restrições e envolve a etapa *Improve* do DMAIC e as ferramentas estatísticas para eliminar as possíveis causas do recurso gargalo. A quarta etapa subordina a restrição pela lógica da TOC e a fase *Control* do DMAIC, com a finalidade de garantir que todas as ações sejam aplicadas no sistema produtivo. A quinta etapa realiza os esforços para elevar a restrição no sistema, conforme o fundamento da TOC. A última etapa, leva em conta a filosofia da TOC e avalia se existe uma nova restrição, a fim de evitar a inércia do sistema.

2.4.3 Convergência da TOC e Lean

Apesar de estarem orientados em aspectos diferentes, os fundamentos da Teoria das Restrições e do *Lean*, indicam pontos convergentes direcionados ao melhoramento contínuo. Entre esses pontos verifica-se que: a) ambos apresentam o objetivo comum de aumentar o lucro para a empresa (DETTMER, 2001); b) O fator da qualidade é essencial para as duas abordagens; c) visam o fluxo contínuo e o aumento da capacidade (PERGHER *et al.*, 2011); d) reduzem os custos nas operações; d) reduzem o *lead time* no fluxo de valor (PERGHER *et al.*, 2011); e) no controle e redução da restrição, a lógica da TOC é enfatizada pelo DBR e a filosofia do *Lean* está direcionada ao *Kanban* (BERNARDI; ROSSETI, 2010); f) ressaltam a importância de vencer a inércia para a implantação das novas idéias.

Por sua vez Araújo (2004) propõe um modelo que integra as duas abordagens conforme as suas ferramentas mais essenciais: O processo de pensamento de raciocínio lógico da TOC (Seção 2.1) e o Mapeamento de Fluxo de valor do *Lean* (Seção 2.2). O autor destaca a convergência que apresenta as Árvore de Raciocínio Lógico da TOC com os fundamentos do VSM pela procura da causa raiz do problema e de melhores resultados em uma cadeia de valor (Figura 2.13).

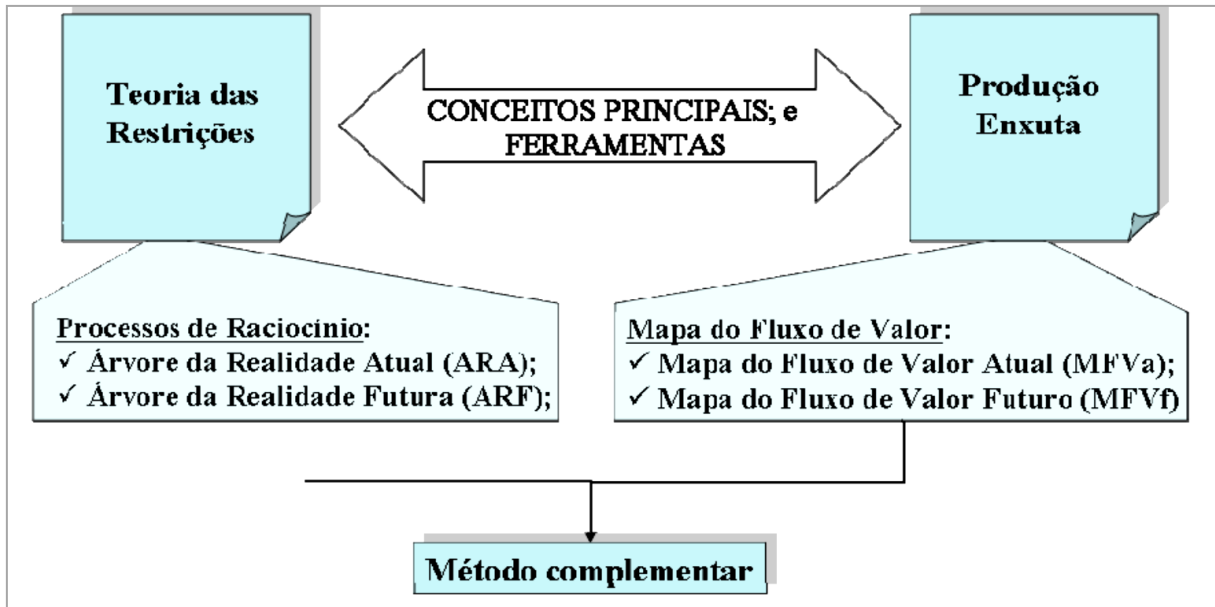


Figura 2.13. Modelo proposto integrando as ferramentas da TOC e o *Lean*
Fonte: Araújo (2004)

Araújo (2004) explica que a utilização das ferramentas tem o objetivo de complementar as informações, uma vez que o VSM ilustra de forma clara e de forma quantitativa os desperdícios no fluxo de valor. De modo a complementar a ARA, apresenta os desperdícios de maneira qualitativa nos efeitos indesejáveis que impedem que o fluxo da cadeia produtiva tenha um ótimo resultado, conforme o *lead time*. Para o mesmo autor, a ARA apresenta uma abordagem mais sistemática da situação atual na identificação do problema por meio do reconhecimento de entidades que não somente estão no chão de fábrica, mas em seus fluxos, nos fatores financeiros, de vendas, de mercado, de concorrência, etc.

Araújo (2004) ilustra a maneira como as duas abordagens convergem em função das causas que originam situações insuficientes no desempenho do *lead time* na cadeia de valor (Figura 2.14).

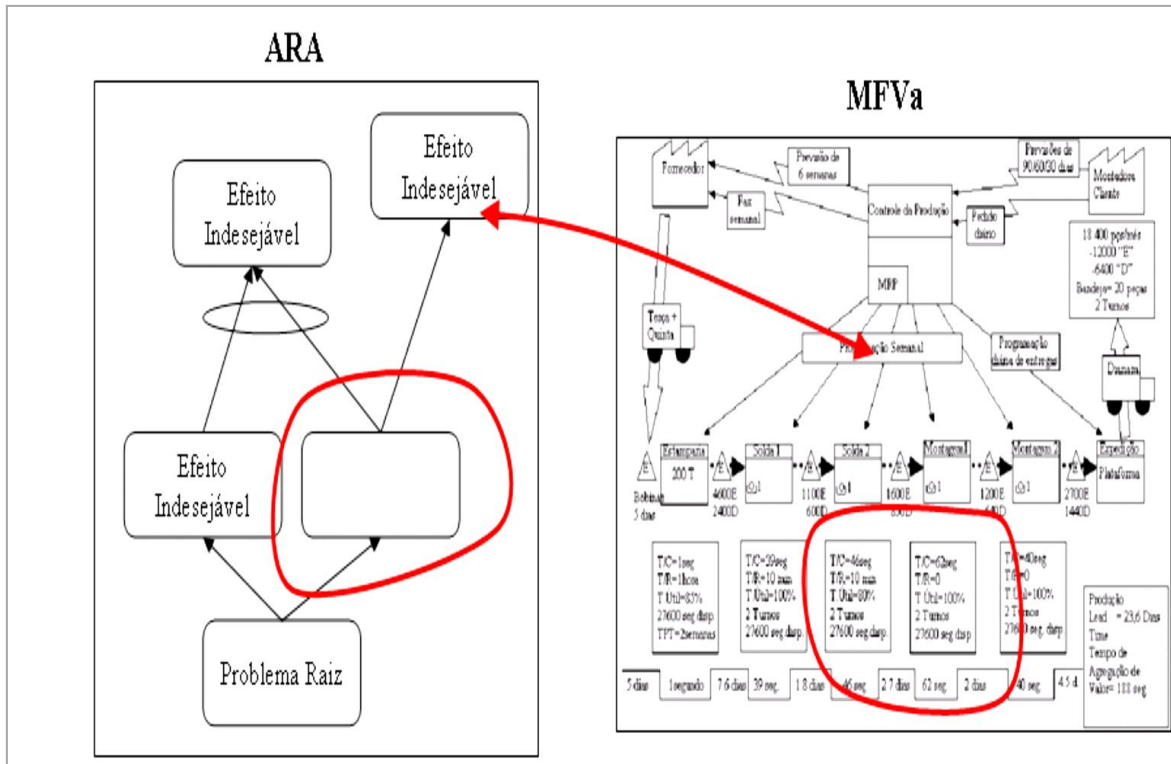


Figura 2.14. Relação das ferramentas da TOC e o Lean no estado atual
Fonte: Araújo (2004)

Em relação às ações na visão futura da cadeia de valor o autor destaca o VSM futuro pela procura da redução do *lead time*, tanto no fluxo de informações como no fluxo de materiais. Embora o VSM não resolva de forma isolada os problemas no fluxo produtivo, a ARF promove a validação da situação futura proposta e identifica as ações para os Efeitos Desejáveis que eliminem os Efeitos Indesejáveis visando à redução de desperdícios. O VSM futuro ilustra os efeitos quantitativos e a ARF apresenta os benefícios qualitativos nas melhorias propostas.

Conforme Cox e Spencer (2002), a ARF produz diversos benefícios na resolução do problema, tais como:

- Permite o teste de eficácia de novas idéias antes do comprometimento de recursos (tempo, dinheiro, pessoas) na sua implementação;
- Determina quais mudanças propostas ao sistema de fato irão produzir os efeitos desejados;
- Revela por meio da existência de ramos negativos, se as mudanças propostas irão criar problemas novos ou efeitos colaterais enquanto se propõe a solucionar um problema atualmente existente;

- d) Promove um meio para o entendimento de como uma decisão local pode afetar todo o sistema;
- e) Promove uma ferramenta efetiva para a persuasão dos tomadores de decisão no sentido de apoiarem um determinado curso de ação.

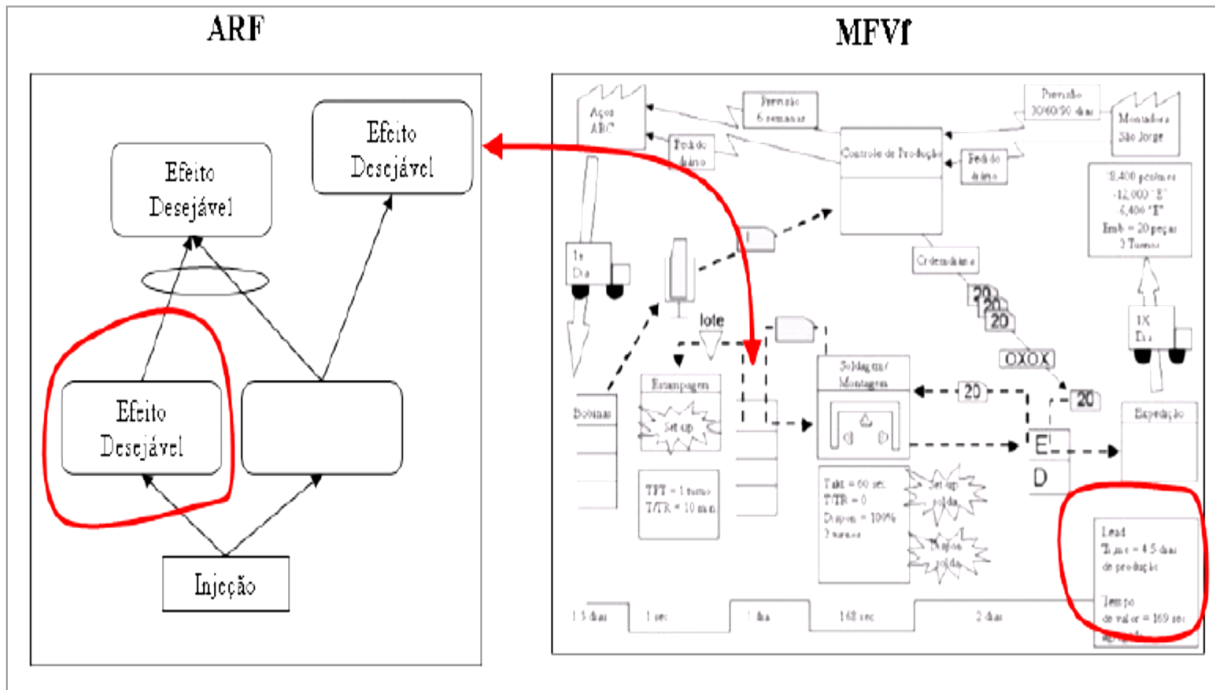


Figura 2.15. Relação das ferramentas da TOC e o *Lean* no estado futuro
Fonte: Araújo (2004)

2.4.4 Convergência da TOC, *Lean* e Seis Sigma

Após as convergências de duas abordagens entre si, Nave (2002) elabora um resumo dos pontos convergentes entre os três conceitos (Tabela 2.3) e identifica seis pressupostos comuns entre as metodologias, para apontar o maior desafio nas organizações, que é o de escolher os pontos fortes para uma integração eficiente:

Tabela 2.3. A convergência entre TOC, *Lean* e Seis Sigma

Características	TOC	LEAN	SEIS SIGMA
Foco	Na restrição	No fluxo	No problema
Teoria	Gerenciar restrições e gerar ganho	Eliminação de perdas e aumento de lucro	Reduzir a variação
Meta	Incremento dos lucros	Maximizar a produtividade	Maximizar resultados do negócio
Estrutura de aplicação	1. Identificar a Restrição 2. Explorar a Restrição 3. Subordinar a Restrição 4. Elevar a Restrição 5. Voltar ao passo 1	1. Valor 2. Cadeia de Valor 3. Fluxo 4. Puxar 5. Perfeição	1. Definir 2. Medir 3. Analisar 4. Melhorar 5. Controlar
Efeito Primário	Aumenta o ganho rapidamente	Redução do tempo de fluxo	Taxa de saídas do processo uniforme
Efeito Secundário	Redução e inventário e perdas Melhoria na qualidade	Reduz a variabilidade Redução de inventário Melhora a qualidade e produtividade	Reduz as perdas Gera ganho Reduz inventário Melhora a qualidade
Limites críticos	Ignora parte da organização	Não aplica ferramentas estatísticas	Melhora focando e processos independentes
Contribuições	Gerenciamento na restrição	Produção Puxada, Takt Time, JIT, Fluxo unitario	Análise quantitativo

Fonte: Nave (2002)

1. A abordagem da TOC é útil no foco da restrição, uma vez que possibilita a identificação do ganho do sistema e visa aplicações posteriores aos conceitos do *Lean* e Seis Sigma;
2. A abordagem do Seis Sigma é essencial na redução das flutuações, uma vez identificadas as restrições e focados os seus desperdícios;
3. As três metodologias sinergicamente possuem uma estrutura importante de aplicação em cinco etapas;
4. Uma das fraquezas do Seis Sigma é que os métodos estatísticos usados não são adequados para a análise de problemas de integração do sistema e interdependências. Nesse caso, o *Lean* preenche essa fraqueza com a abordagem integrada de melhoria do VSM e maximiza a taxa de valor agregado enquanto a TOC oferece a

visão sistemática do processo diferenciando recursos gargalos e não gargalos;

5. Ao enfatizar a exploração da restrição, a TOC pode aceitar e tolerar um excesso de não restrições dentro dos processos que podem afetar o desempenho do sistema. Para amenizar esse efeito pode-se usar o VSM do *Lean* e o gerenciamento da variabilidade no Seis Sigma;
6. O *Lean* é a abordagem que possui mecanismos claros de envolvimento direto dos funcionários de chão de fábrica, cristalizados nos círculos de controle de qualidade.

Ainda com respeito a esse aspecto, Novaces (2011) e Spector (2006) estabelecem algumas justificativas para integrar as abordagens descritas, partindo dos princípios da TOC como principal fonte para identificar as restrições:

1. Foco: A TOC fornece a metodologia de focalização do problema para elevar a restrição em seu máximo desempenho e inicia aplicações de *Lean* e Seis Sigma;
2. Impulso: A corrente é tão forte quanto seu elo mais fraco. Nessa medida a TOC concentra o *Lean* e Seis Sigma no ponto de incremento máximo para todo o sistema;
3. Perdas: Se um dos objetivos do *Lean* e Seis Sigma é eliminar a perda pela redução de desperdícios e variabilidade, a TOC evita as perdas de se perseguir miragens;
4. Inércia: Um dos princípios da TOC é não permitir que a inércia cause outra restrição no sistema.
5. A TOC pode ajudar as demais metodologias na melhoria contínua, na concentração do sistema e no controle dos desperdícios e na variabilidade;
6. Risco: A TOC suporta as demais abordagens em uma gestão robusta para combater efeitos indesejáveis;
7. Medição: A TOC oferece o pré-requisito essencial para significativas métricas e direcionadores para as organizações que usam o *Lean* e Seis Sigma;

8. Conjunto de ferramentas: partindo das Árvores de Pensamento da TOC, podem-se aplicar ferramentas conjuntas do *Lean* e do Seis Sigma adaptadas a diversos ambientes, como a logística da cadeia de suprimentos, finanças, estratégia, marketing e muito mais;
9. Análise: A TOC aplica técnicas de pensamento e de análise gráfica para aproveitar a intuição, resolver problemas e construir roteiros de melhoria de desempenho, que têm como objetivo alcançar a estabilidade;
10. Execução: Quando os projetos são mal executados, os benefícios são perdidos e as penalidades ocorrem, incluindo custos de oportunidade associados com o potencial de recursos desperdiçados. O método Corrente Crítica de gerenciamento de projetos da TOC pode acelerar os projetos *Lean* e Seis Sigma;
11. Ganho: As três abordagens estão direcionadas aos lucros da empresa focalizando diferentes pontos: Gargalo, Desperdícios, Variabilidade;
12. Sinergia: Ao se reduzir a restrição do sistema, faz-se necessário aumentar o valor agregado do cliente e buscar a perfeição, controlando a variabilidade no processo.

2.5 O MODELO iTLS™

2.5.1 Contextualização do iTLS™

O modelo iTLS™ nasce como resultado de uma pesquisa doutoral desenvolvida pelo pesquisador Russ Pirasteh que se iniciou no ano de 2003 até sua conclusão no ano de 2006. A pesquisa foi denominada “*Effects of Combined Approach of Theory Of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement*” (PIRASTEH, 2006)

Cronologicamente, Pirasteh (2012) apresenta a evolução da publicação dessa nova abordagem para o melhoramento contínuo que envolve os três conceitos mais popularizados nas indústrias: Teoria das Restrições, *Lean*, Seis Sigma;

- a) 2002: Documentação, inédita no mundo, da integração das três abordagens;
- b) 2005: Resumo da documentação e elaboração de experimentos;
- c) 2006: Publicação de experimentos encontrados para a APICS;
- d) 2006: Conclusão dos estudos de pesquisa de doutorado na *Weber State University*, nos Estados Unidos;
- e) 2007: Primeira conferência no *CPI (Continual Process Improvement)* na *Weber State University*, cujo tema central foi “ A introdução do iTLS™”;
- f) 2007: Apresentação do modelo iTLS™ na *Weber State University*, que estabelece a decisão de escrever um livro apresentando a integração das três metodologias de melhoria contínua para o aperfeiçoamento universal;
- g) 2007: Ilustração do modelo no congresso anual de TOCICO (*Theory of Constraints International Certification Organization*), na cidade de *Las Vegas*, nos Estados Unidos;
- h) 2010: Apresentação do livro com a colaboração do Robert Fox (Fundador do *Goldratt Institute*) “*Profitability with no Boundaries*”, que ilustra detalhadamente o modelo a ser seguido para um melhoramento nas indústrias.

Pirasteh (2006) argumenta que sua pesquisa foi realizada com a finalidade de investigar a produção focalizando a Melhoria Contínua nos processos utilizando-se de três abordagens fundamentais (TOC, *Lean*, Seis Sigma) que permitem que as organizações aperfeiçoem sua eficiência. No entanto, o autor afirma que não existia uma pesquisa que demonstrasse quantitativamente a integração, o que o levou a conduzir uma pesquisa científica realizada entre 2003 e 2006. Essa pesquisa testou os efeitos da integração das três abordagens, aplicadas em uma metodologia com sequência lógica (Etapas) e comparou seus efeitos com implementações, usando cada método de forma isolada.

Pirasteh e Fox (2010) explicam as limitações que cada metodologia apresenta e ilustram a concordância da integração da TOC, do *Lean* e do Seis Sigma:

- a) A força da TOC consiste em focalizar a atenção nos esforços de melhoria, enfatizando a geração de um maior desempenho, eliminando as restrições, a fim de aumentar o volume no sistema. Apesar disso a TOC carece de muitas ferramentas e técnicas analíticas necessárias para ampliar a capacidade, eliminar as interrupções no fluxo do trabalho, melhorar a qualidade e reduzir a variabilidade;
- b) O *Lean* fornece variedade de ferramentas na redução de desperdícios no sistema, mas carece de um mecanismo de enfoque global para priorizar onde e quando devem ser aplicados esses desperdícios. *“Esforços não necessários para reduzir desperdícios podem ser um desperdício”* (PIRASTEH; FOX, 2010);
- c) A força do Seis Sigma está em suas ferramentas estatísticas fundamentais na redução de variações no processo. Assim como o *Lean*, carece de priorização de esforços para reduzir as variações mais importantes.

Portanto, Pirasteh (2006) afirma que a integração das metodologias da Teoria das Restrições, o Pensamento *Lean* e o Seis Sigma em um modelo único possibilita a potencialização de seus pontos positivos e minimiza suas limitações, o que pode ser uma vantagem nos sistemas produtivos. Pirasteh e Fox (2010), ilustram as correlações que as três abordagens apresentam dentro do iTLS™.

Tabela 2.4. Correlação sinérgica entre TOC, *Lean* e Seis Sigma no iTLS™

	Suporte para TOC	Suporte para Lean	Suporte para Seis Sigma
Visão da TOC		Fundamentos da corrente crítica da TOC facilitam uma melhor gestão dos pontos de balanceamento de fluxos de valor proporcionados pelo <i>Lean</i> .	As técnicas de raciocínio da TOC ajudam as soluções quantitativas no sistema produtivo.
Visão do Lean:	Os conceitos e ferramentas do <i>Lean</i> facilitam a implementação da TOC, fornecendo um controle mais visual, menos dependente de sistemas computadorizados e envolvendo as pessoas.		Fundamentos do <i>Lean</i> proporcionam conceitos de visão nos desperdícios e que não agregam valor, e para estabilizar a variabilidade nos processos, mais estáveis e com ótimo <i>lead time</i> .
Visão do Seis Sigma	O valor central do Seis Sigma na satisfação do cliente proporciona força na visão do longo prazo para enfatizar a TOC no desempenho financeiro. As ferramentas estatísticas podem ajudar na configuração dos tambores nos sistemas.	O foco de variabilidade do Seis Sigma ajuda no conceito do <i>Lean</i> no sucesso de processos mais estáveis e confiáveis, através do estudo de otimização de desperdícios.	

Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

Pirasteh e Fox (2010) afirmam que o modelo foi aplicado em uma multinacional composta por 21 plantas e que foram usadas várias metodologias de melhoria de processo. Os líderes da multinacional usaram ou o melhor método, ou o que era mais confortável, ou o que tinham mostrado melhores resultados em uma determinada situação, uma vez que o objetivo era determinar a eficácia da metodologia adotada.

Os resultados foram analisados estatisticamente através da análise da variância (ANOVA) entre a aplicação do *Lean*, Seis Sigma e o iTLS™. O sucesso de cada método foi determinado por sua contribuição, verificando seu retorno financeiro como resultado de projetos de melhoria.

Os dados foram recolhidos nas plantas da multinacional. Foram 105 projetos durante os mais de dois anos de duração do estudo, distribuídos da seguinte forma:

- a) 11 plantas em que se aplicou a metodologia do Seis Sigma;
- b) 4 plantas em que se aplicou o *Lean*;
- c) 6 plantas em que se aplicou o iTLS™.

Para Pirasteh e Fox (2010), o iTLS™ pareceu significativamente mais eficaz em comparação às outras duas metodologias, por apresentar maior redução de custos para a multinacional ao aplicar abordagens de melhoramento contínuo. No estudo, o iTLS™ trouxe uma contribuição de 89% do total de redução de custos relatado, seguido de 7% do Seis Sigma e de 4% do *Lean* (Figura 2.16).

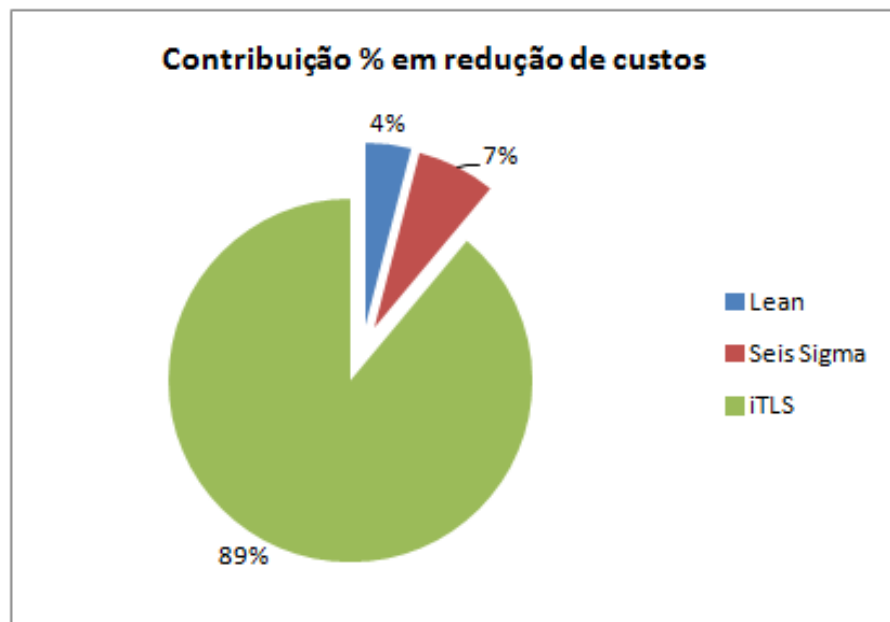


Figura 2.16. Contribuição econômica dos modelos aplicados
Fonte: Pirasteh e Fox (2010)

2.5.2 Conceito iTLS™

O termo iTLS™ é um acrônimo da integração da Teoria das Restrições, *Lean* e do Seis Sigma (PIRASTEH; FOX, 2010). Segundo Pirasteh e Farah (2006), o iTLS™ é uma filosofia de gestão que se baseia no entendimento dos problemas de maneira mais profunda e procura resolvê-los com o maior impacto permanente possível. Além de reconhecer que todos os produtos e serviços estão relacionados a atividades onde o fluxo de valor é impactado pela identificação das restrições,

eliminação dos desperdícios e variabilidade de processos, aplicados em todas as disciplinas, esse conceito pode ser aplicado nas áreas de Produção, Vendas, Marketing, Administração e Serviços. Sua aplicação pode melhorar a satisfação do cliente, aumentar o desempenho do sistema, reduzir os custos operacionais e criar melhores líderes.

A partir desse princípio, a abordagem do iTLS™ sincroniza três importantes enfoques:

- a) Foco na corrente crítica que limita o desempenho global na organização aplicando-se a TOC;
- b) Eliminação dos desperdícios, conforme as ferramentas da filosofia *Lean*, aumentando dessa forma o valor agregado do produto ao cliente;
- c) Redução da variabilidade e garantia da estabilidade do processo com ferramentas do Seis Sigma, impedindo não conformidades.

Nesse sentido, Pirasteh e Fox (2010) afirmam que a TOC permite identificar a restrição que limita o ganho da empresa, porém localiza onde os esforços de melhoria devem ser focados, estabelecendo as prioridades. De acordo com essas prioridades, são aplicadas as ferramentas e conceitos do *Lean* para reduzir os desperdícios daqueles recursos gargalos que impedem o melhor desempenho do sistema e para aumentar as atividades que agregam valor, conforme as necessidades do cliente. Por último, são aplicadas as ferramentas quantitativas do Seis Sigma para estabilizar o processo desejado para a sustentabilidade.

Após a demonstração e apresentação da nova metodologia do melhoramento contínuo, Pirasteh (2006) defende a essência da integração em busca de maiores resultados nas organizações:

“A nova metodologia enxerga os problemas fundamentais, quantifica os benefícios potenciais conforme as prioridades e implementa soluções práticas”

Na tentativa de utilizá-las de modo sinérgico, Pirasteh e Fox (2010) apresentam um modelo de integração dos princípios das três metodologias (Figura 2.17).

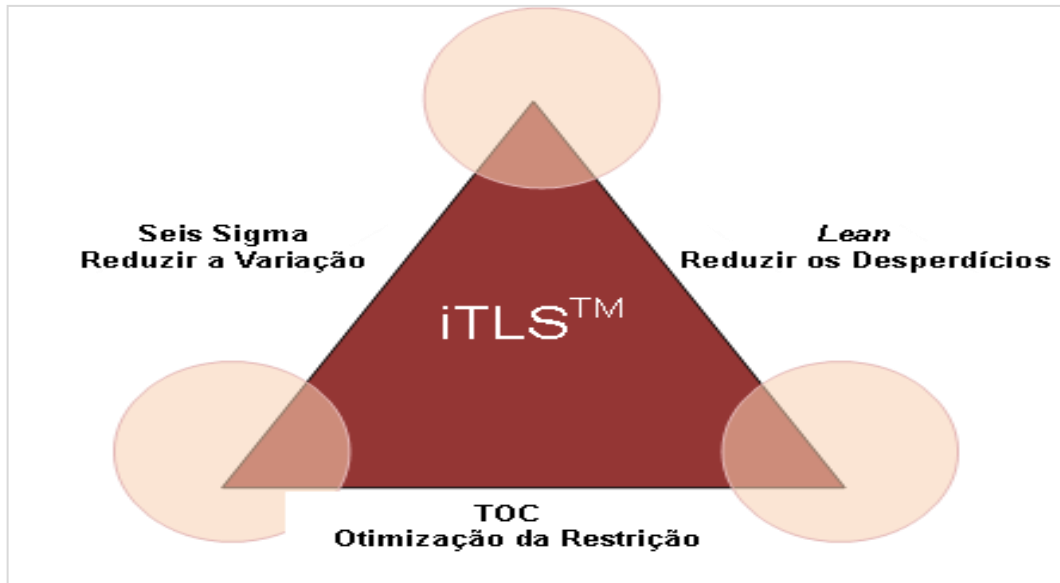


Figura 2.17. Estrutura do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

No iTLS™, as etapas da TOC são aplicadas inicialmente para identificar e focar os esforços necessários para obter uma otimização global, levando-se em consideração os benefícios globais, e em seguida, reorientando o sistema para ilustrar os próximos passos na aplicação de melhorias, como afirma Nave (2002) em seu primeiro pressuposto (Seção 2.4.4).

Posteriormente, as técnicas da filosofia *Lean* são usadas para identificar os recursos que não agregam valor ao processo, conforme os esforços identificados nas atividades anteriores, nas quais foram aplicadas técnicas da TOC, e para implementar estratégias enxutas que aumentem o valor, de acordo com as necessidades do cliente. Por último são utilizadas as ferramentas estatísticas do Seis Sigma, dentro da sinergia do DMAIC, para aperfeiçoar o processo compreendendo a natureza das fontes de variabilidade e a nova configuração, que deve ser estabelecida para controlar e reduzir a variabilidade a um nível aceitável ao cliente.

É importante destacar que o modelo iTLS™ não aplica as três abordagens da TOC, *Lean* e Seis Sigma em separado, por exemplo, primeiramente aplica-se a TOC, em segundo lugar o *Lean* e em terceiro lugar o Seis Sigma. O conceito da integração do modelo prevê que cada etapa identifique claramente a abordagem que melhor se adapte.

Em alguns casos em que já estejam sendo aplicadas técnicas de uma abordagem, pode ser que outras técnicas de outras metodologias possam fornecer suporte estratégico. Pirasteh (2006) afirma que na primeira fase, identificados os esforços com ajuda da TOC, são aplicadas ferramentas com orientação secundária do DMAIC na etapa do *Define*, que oferecem direção na identificação da restrição do sistema, feita pela TOC.

2.5.3 Etapas do iTLS™

De forma mais detalhada o modelo iTLS™ é composto por sete etapas de forma cíclica e cada etapa ilustra a profundidade de cada abordagem e as ferramentas a serem utilizadas. Cada etapa do processo fornece orientações de um sistema composto por entradas e saídas, bem como ferramentas e técnicas principais a serem aplicadas. Pirasteh e Fox (2010) afirmam que as ferramentas e técnicas não são aplicadas em sua totalidade, e que sua aplicação depende da natureza do problema e da identificação do tipo de restrição no sistema.



Figura 2.18. Etapas do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

2.5.4 Etapa 1 - Mobilizar e Focar

O primeiro passo (Figura 2.19) é o mais importante, uma vez que determina, pelas ferramentas da TOC, em que aspectos os esforços devem ser concentrados e revela o problema que limita o sistema. Além disso, com suporte dos princípios da TOC, a análise permitirá a otimização global em um nível desejado.

Para obter maiores resultados organizacionais através da eliminação do sistema, é preciso simplesmente identificar a operação que mais limita o fluxo. Para isso é necessário mapear o processo com a finalidade de ter uma compreensão global do fluxo. Em seguida convém estimar os benefícios esperados ao eliminar a restrição. A natureza da melhoria que se está tentando alcançar determina quais ferramentas devem ser usadas, por exemplo, para identificar a restrição do sistema que permitirá eliminá-lo. Para isso é preciso desenhar, por exemplo, a ARA ou o VSM, o que permitirá compreender globalmente todo o fluxo da cadeia. Também se pode identificar a restrição do sistema pela intuição, baseando-se em seu ponto de vista, na análise de dados, o que pode ser suficiente para localizar o recurso gargalo (PIRASTEH; FOX, 2010).

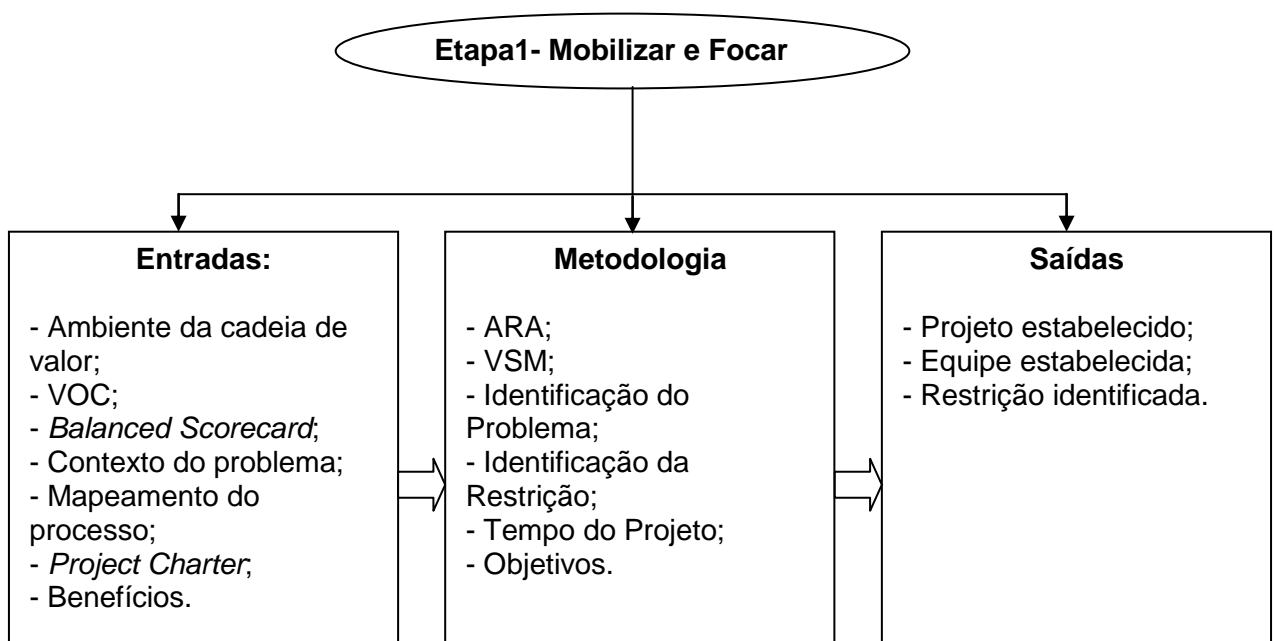


Figura 2.19. Primeira etapa do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

Depois de identificada a restrição causadora do problema, Pirasteh (2006) considera fundamental sua validação. A validação requer uma declaração do

problema, que pode melhorar significativamente a análise da causa raiz e orientar o tempo da aplicação de todo o modelo iTLSTM, já que deve se concentrar no que realmente merece atenção, a fim de se obter os maiores ganhos. É importante entender o que é uma causa potencial (Restrição com maiores esforços). Isso irá melhorar significativamente a otimização em toda a cadeia de valor.

De acordo com Pirasteh e Fox (2010), é nessa etapa que surgem indagações como:

- a) Uma vez que se deseja obter maiores resultados com menos recursos, qual é o procedimento para se alcançar esses resultados?
- b) O sistema permitirá que sejam trasladados alguns recursos para outros lugares a fim de ocultar a restrição e seja possível poupar dinheiro no projeto?

Uma vez que seja claramente identificado o propósito do esforço para a melhoria do sistema e obtenção dos benefícios esperados, pode-se prosseguir na criação de uma equipe de trabalho, que desenvolva o projeto, ilustrando passo a passo as etapas do novo modelo de gestão.

No entanto, Pirasteh e Fox (2010) asseguram que, quando o problema não é uma restrição óbvia ou facilmente identificada, é necessária uma abordagem diferente. Essas situações ocorrem quando uma política ou uma série delas obscurecem as ações apropriadas indispensáveis para a melhoria da situação. Nas situações mais complexas, o processo de raciocínio da ARA é provavelmente a melhor ferramenta para identificar o problema central e determinar as intervenções que irão resultar em uma boa solução.

Depois de entender claramente o que será aplicado, de acordo com a restrição identificada, deve-se estabelecer a missão (*Project Charter*) e analisar as características dos processos existentes. Além de evitar confusões com os dados que não estejam envolvidos no processo o *Project Charter* deve conter as seguintes informações:

- a) Necessidade do projeto;
- b) Descrição do projeto;
- c) Plano;
- d) Cronograma.

As atividades que determinam as Saídas dessa fase permitirão avançar para a próxima etapa do modelo e as equipes responsáveis por ele estarão aptas a responder as seguintes questões:

- a) O escopo do problema já foi identificado?
- b) Qual é o problema atual?
- c) Qual é a Restrição principal do problema?
- d) O tempo do desenvolvimento do modelo para eliminar o recurso gargalo está definido?

2.5.5 Etapa 2 - Explorar a Restrição

Nessa etapa deve ser analisado o melhor método para explorar a restrição. Para executar essa fase, Pirasteh e Fox (2010) sugerem uma série de ferramentas do *Lean*. De acordo com a restrição identificada pelas saídas da primeira etapa (Figura 2.19), é necessário definir as atividades que geram valor ao cliente e à cadeia de valor, como também definir as atividades que não agregam valor na restrição identificada (Figura 2.20):

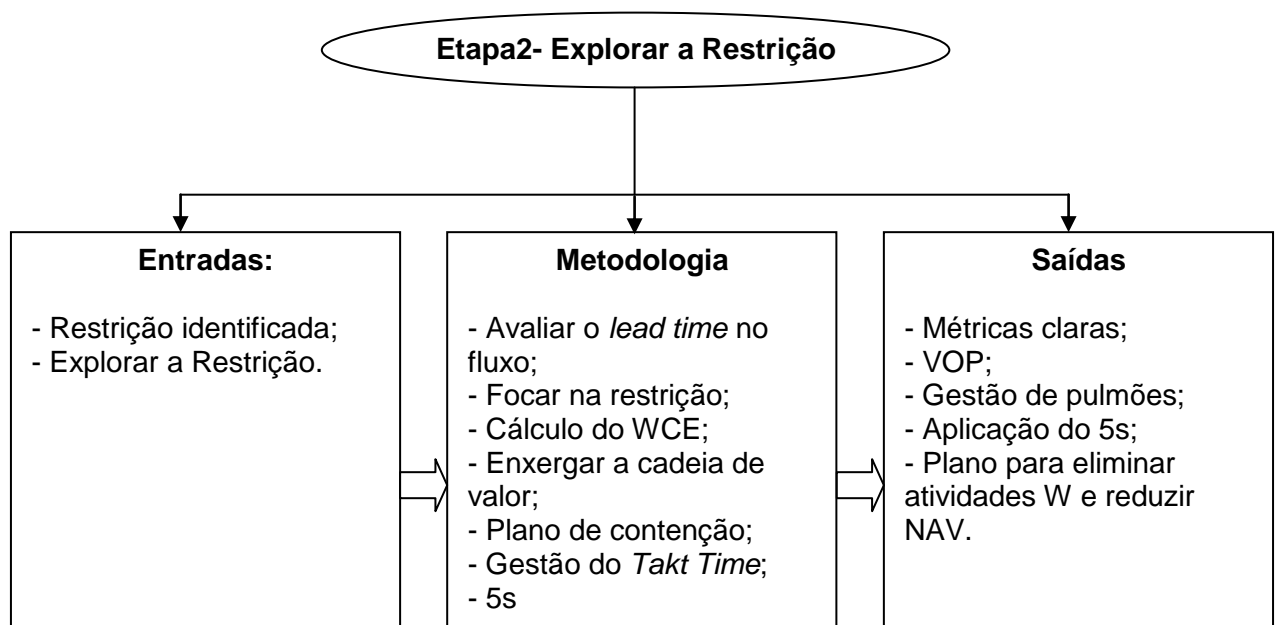


Figura 2.20. Segunda etapa do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

Para Pirasteh e Fox (2010), antes de quebrar a restrição do sistema, é útil estabelecer “pulmões” antes e depois da restrição, de maneira que o desempenho não seja perdido devido a uma possível interrupção nas operações. Uma vez que os recursos gargalos sejam eliminados, os “pulmões” podem ser concomitantemente eliminados. As ferramentas do pensamento enxuto podem aumentar o desempenho e eliminar os desperdícios do sistema, como por exemplo, na identificação de desperdícios.

Uma ferramenta essencial para identificar as atividades e sua classificação de valor conforme as necessidades dos clientes é o VSM na cadeia de valor (Figura 2.7), que ajudará a visualizar o fluxo das etapas e a sequência dos eventos na realidade atual, além de aplicar melhorias para a realidade futura (ROTHER; SHOOK, 2003). Nesse caso, deve-se também mapear o sistema logístico de materiais do sistema, as distâncias percorridas, a armazenagem, os estoques nos pulmões e os atrasos que possam se apresentar.

Ao final a ferramenta VSM compara a cadeia de valor com o *Takt time*⁶ do cliente. É importante quantificar como as atividades, estação por estação, estão sincronizadas e balanceadas conforme o *Takt time*. Essa sequência identificará qual é o gargalo e quais são as atividades e estações “pulmões” referentes ao gargalo, detalhando as atividades que agregam valor e as atividades que não agregam valor, consideradas como desperdícios. Posteriormente, deve-se calcular a relação do WCE que proporciona o nível das atividades que agregam valor ao sistema.

Nessa etapa, deve-se reforçar o planejamento de um sistema *Kanban* que protegerá ainda mais o recurso gargalo. Conforme Pirasteh e Fox (2010), após o estabelecimento de um sistema eficiente de *Kanban* é recomendável redesenhar o processo existente, a fim de minimizar a logística de materiais e simplificar os passos de cada estação da cadeia de valor.

Os autores recomendam uma atividade paralela às descritas anteriormente: o programa 5s. O 5s, segundo Werkema (2002), ajuda a sustentar qualquer ganho alcançado no processo e promove a melhoria contínua, estabelecendo uma nova forma de trabalho. Slack *et al.*, (2009) definem o 5s como uma técnica japonesa de cinco passos utilizadas para estabilizar, manter e melhorar o ambiente de trabalho,

⁶ Conforme Tubino (2007), o *Takt Time* é o ritmo da produção para atender a demanda exposta pelo cliente.

dando suporte aos níveis de segurança, qualidade, custo e entrega. Pyzdek (2003) referencia os cinco passos e sugere que sejam aplicados em três fases diferentes:

- a) Estabelecer o Padrão Inicial (Utilização e Organização);
- b) Manter o Padrão (Limpeza);
- c) Melhorar o Padrão (Conservação e Autodisciplina);

Conforme Pirasteh e Fox (2010), os resultados dessa segunda etapa do modelo permitirão avançar à próxima etapa, na qual devem estar claramente identificados os seguintes pontos:

- a) Qual é o gargalo no sistema?
- b) Está sendo realizado um plano de contenção detalhado para eliminar o gargalo?
- c) Os responsáveis pela cadeia de valor foram treinados conforme o programa 5s?
- d) É calculado o WCE na restrição?
- e) Estão identificados o VOP e VOC?
- f) Como será estabelecido o plano *Kanban* no sistema?

2.5.6 Etapa 3 - Eliminar fontes de desperdícios

Nessa etapa são utilizadas as ferramentas do *Lean* para identificar outras maneiras de aumentar ainda mais o rendimento e reduzir os desperdícios (W). Segundo Pirasteh e Fox (2010), devem-se estabelecer medidas para avaliar os benefícios da melhoria, conforme as fontes de desperdícios. Devem-se identificar outras formas para aumentar ainda mais a produtividade e redução de custos.

Detalhadamente, o terceiro passo do iTLS™ analisa a causa raiz que ocasiona as atividades desnecessárias (W) e que não agregam valor à cadeia de valor e identifica como elas podem ser definitivamente eliminadas.

Uma ferramenta do Seis Sigma que proporciona um maior entendimento das causas potenciais da restrição, conforme Pirasteh e Fox (2010) é o PF/CE/CNX/SOP (*Process Flow/ Cause Effect /Constant, Noise and Factor/ Standard Operating Procedures*).

Pyzdek (2003) define as ferramentas PF/CE/CNX/SOP como metodologias do Seis Sigma utilizadas para reduzir extraordinariamente a variação dos processos.

Dentro do Seis Sigma, são usados primeiramente o diagrama de fluxo de processo (PF-*Process Flow*) e o diagrama causa/efeito (CE- *Cause Effect*) para identificar e classificar as causas da variação. Pirasteh e Fox (2010) ainda descrevem as ferramentas apresentadas como resultado da análise das etapas 1 e 2 do modelo iTLS™, através das quais as fontes de desperdício no processo serão claramente identificadas e orientadas para a sua melhoria. A ferramenta CE que se relaciona ao diagrama de Ishikawa, identifica a quantidade de fontes de desperdícios que ocasionam a variabilidade do processo.

O diagrama de Ishikawa é uma ilustração em forma de Espinha de Peixe que representa os fatores de influência sobre um determinado problema agrupando as causas em “6Ms”: Mão de obra, Método, Matéria Prima, Máquina, Medição e Meio Ambiente (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). Conforme Sutton (2008) a construção do diagrama é baseado em técnicas subjetivas, como o *Brainstorming*, que podem comprometer a identificação da causa raiz do problema.

De acordo com Jing (2008), além do Diagrama de Ishikawa, existem outras ferramentas que podem identificar a causa raiz no modelo. São elas: o diagrama de Pareto e a técnica dos cinco porquês. O método dos cinco porquês consiste em perguntar pelo menos cinco vezes “Por quê?” a um problema ocorrido (TOYOTA, 2006).

Após serem encontradas as variáveis das causas do problema, pode ser utilizada a ferramenta CNX para categorizar as causas como Constante (C), Ruído (N) e Fator (X) (Tabela 2.5).

Tabela 2.5. Definição do CNX na seleção da classe de fator

Classe	Nome	Descrição
C	Constante	Fator controlável
N	Ruído	Causa comum, fatores atípicos, Ex.: Temperatura.
X	Fator	Elemento Experimental, fator que contribui com o efeito e deve ser convertido para a classe C.

Fonte: Adaptado de Pirasteh e Fox (2010)

Depois de caracterizar as variáveis de entrada conforme sua classe (C, N ou X), os fatores denominados X podem ser transferidos para uma rápida priorização de ação para sua melhoria, de acordo com a Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA). O FMEA busca evitar, por meio da análise, as falhas potenciais que

ocorrem no projeto do produto ou no projeto do processo e propõe ações de melhoria.

Conforme Puente *et al.*, (2002) a ferramenta é desenvolvida em duas partes. No primeiro estágio, são ilustrados possíveis modos de falhas de um produto ou serviço relacionadas com suas causas e efeitos. No segundo estágio, é determinado o nível crítico, pontuando-se o risco dessas falhas. As primeiras falhas críticas serão consideradas prioritárias para aplicação de ações de melhoria.

Para a fase final da terceira etapa, Pirasteh e Fox (2010) sugerem que após a aplicação das técnicas e ferramentas recomendadas, a equipe de trabalho procure compreender e identificar os seguintes pontos:

- a) Considerando-se o recurso gargalo, já foram removidas as atividades W?
- b) As melhorias estão ilustradas e apresentadas pelo WCE?
- c) Qual é a capacidade do processo?
- d) Foi implantado o sistema *Kanban* para proteger o recurso gargalo?
- e) A cadeia está puxando a demanda?
- f) Estão identificados claramente o VOP e VOC?
- g) Existem planos de gestão para os níveis de estoque após a melhoria.

Na figura 2.21 é ilustrado o resumo da terceira etapa do modelo iTLS™.

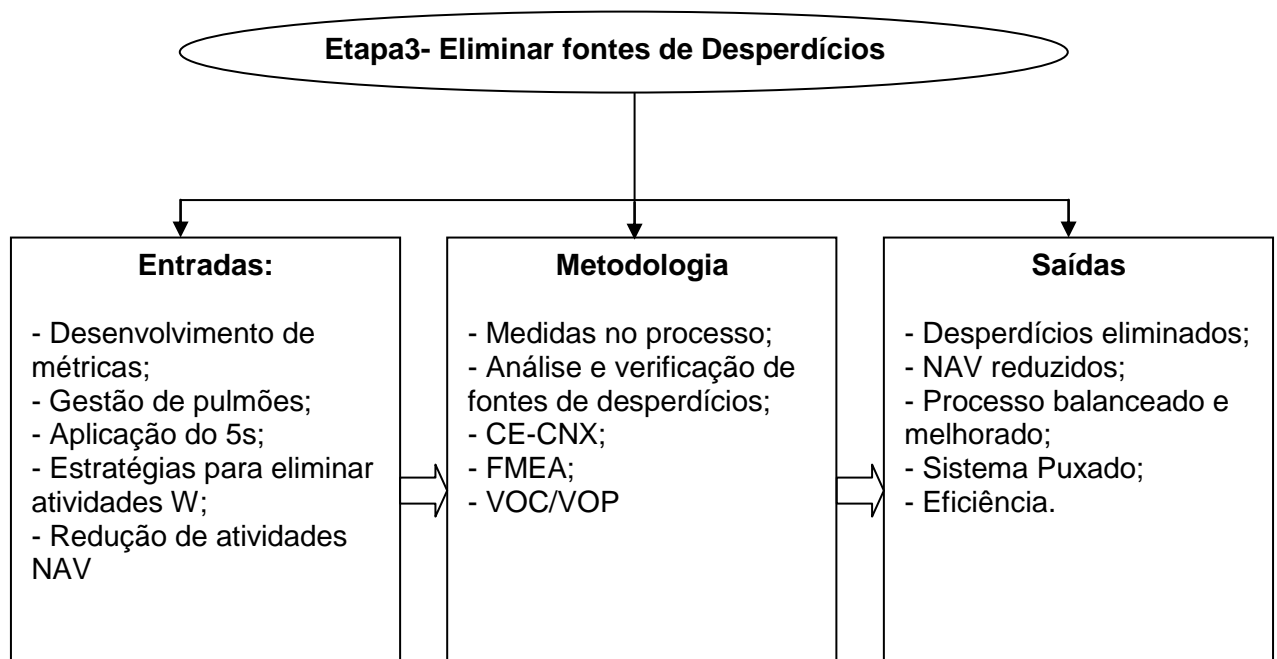


Figura 2.21. Terceira etapa do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

2.5.7 Etapa 4 - Controlar a variação do processo

Essa fase consiste em implantar controles e indicadores, com o uso das ferramentas do Seis Sigma, de modo que as variações do processo sejam controladas ao longo do tempo (PIRASTEH; FOX, 2010). Por uma série de razões, melhorias reais apresentam tendência a dissipar-se ao longo do tempo. A fim de evitar a erosão, deve-se implementar controles e medições tais como cartas de controle, controle de capacidade, análise de regressão, etc (Figura 2.22).

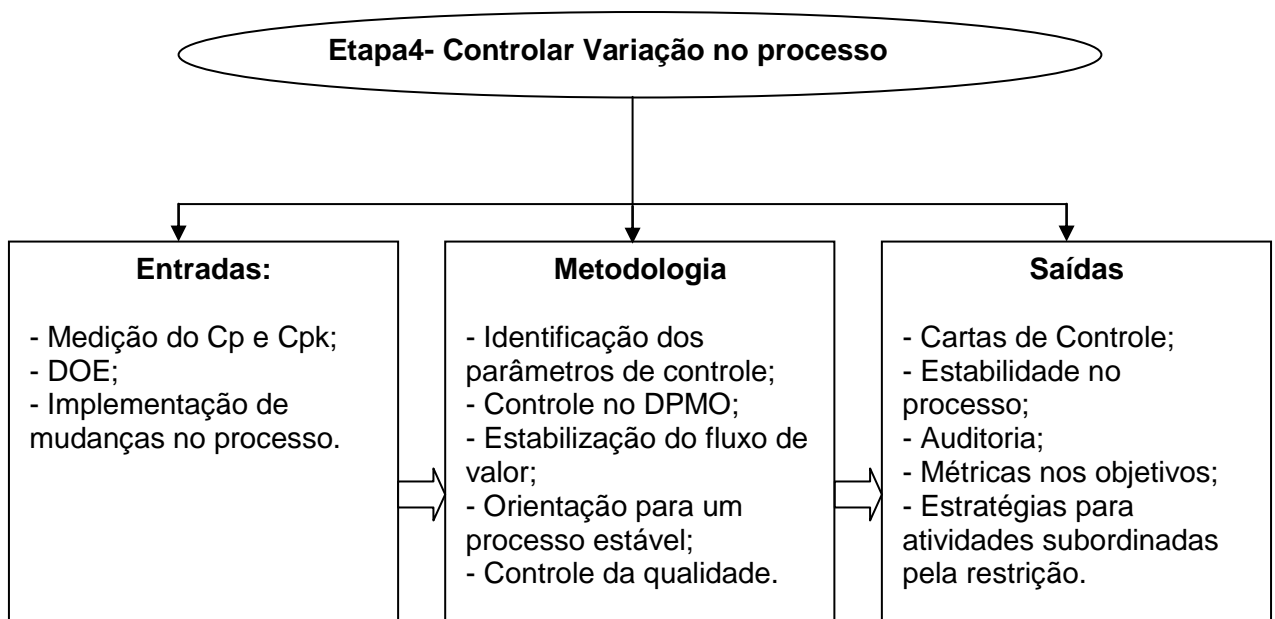


Figura 2.22. Quarta etapa do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

De acordo com o controle da variação, deve-se estipular e quantificar o nível aceitável de qualidade, considerando-se as necessidades do cliente. Para Montgomery e Runger (2003), o nível de variabilidade ou o nível aceitável de qualidade são determinados pela VOC. O processo deve estar livre de erros e o seu objetivo é encontrar maneiras de centralizar o processo de distribuição estatístico ao valor nominal. Conforme Montgomery e Runger (2003) o processo será aceito quando todos os componentes do sistema estudado estiverem dentro dos limites de especificações do cliente. Isso permitirá que a cadeia de valor ofereça espaço para os pulmões em relação a pequenas alterações ou flutuações.

Certamente, é necessário que as operações tenham plena compreensão da VOP nessa etapa. Pirasteh e Fox (2010) comparam a relação da VOC e VOP com a relação da capacidade estatística ilustrado na Equação 3 (Página 23).

Conforme Pirasteh e Fox (2010), VOP é a variabilidade natural inerente ao processo. Nesse caso, a aplicação de ferramentas de causa efeito, como CE-CNX, permitirá identificar quais são os fatores responsáveis pela maior parte da variabilidade. Durante essa fase, pode ser necessário aplicar o Desenho de Experimento (DOE) a fim de estabelecer configurações ideais, de acordo os fatores críticos identificados. O processo DMAIC, principalmente na etapa Control, pode proporcionar diretrizes para reduzir e otimizar a variabilidade do processo e estabelecer padrões para atender as exigências do cliente.

Com ajuda de ferramentas estatísticas, Pirasteh e Fox (2010) asseguram que se pode determinar o PPM e os níveis de DMPO desejados tomando-se como base o VOC. Para isso é necessário calcular o desvio padrão desejado ou a variabilidade normal no processo. Uso de gráficos de controle em conjunto com o índice Cpk, indicarão o desvio que irá permitir recentralizar o processo com as exigências específicas:

$$Cpk = \min\left(\frac{(USL - \bar{x})}{3\sigma}; \frac{(\bar{x} - LSL)}{3\sigma}\right) \quad [6]$$

Também é importante medir o valor de desempenho de fluxo em nível global para garantir que os níveis de rendimento mais elevados contribuam para a rentabilidade e melhoria da qualidade (PIRASTEH; FOX, 2010)

No entanto como é possível assegurar que as medições sejam confiáveis? Pirasteh e Fox (2010) afirmam que é importante compreender a precisão do desempenho do processo e todo seu sistema. Além disso, a equipe do projeto deve ter a capacidade de quantificar e isolar os erros do processo a partir do erro de medição. É essencial que estejam claros e identificados os seguintes pontos:

- a) Foram identificados os fatores do processo que mais contribuem na variabilidade da restrição?
- b) Foi identificada a metodologia que elimina os erros do processo, conforme a restrição?

- c) Já foi implantado o novo fluxo de valor para os níveis de controle desejados?
- d) São necessárias novas métricas de desempenho?

2.5.8 Etapa 5 - Controlar as atividades de suporte

Nessa etapa são usadas ferramentas do Seis Sigma e *Lean*, porém o mais importante é que as medidas que estimulem ações estejam alinhadas com as necessidades da restrição, ao invés de focar em outros pontos para se obter eficiências locais.

De acordo com Pirasteh e Fox (2010), é necessário estabelecer procedimentos operacionais de padrão (SOP) e mecanismos de controle para garantir que os fatores críticos permaneçam sob controle estatístico e que não variem significativamente ao longo do tempo. Aplicações de *Poka Yoke* e controle estatístico do processo são essenciais para sustentar os ganhos do processo e fornecer sistema de alerta para evitar a variabilidade do processo.

No entanto a equipe do projeto precisa elaborar um processo de resolução de problemas e elaborar um plano de contenção e prevenção que englobe todas as informações como causa efeito, *Takt Time*, entre outros, diariamente para controle dos pulmões e gargalos, que envolvam os trabalhadores para identificar um desvio anormal, e assim, coletar dados imediatamente e iniciar o processo de identificação de problemas e sua resolução.

Segundo Pirasteh e Fox (2010), a revisão periódica da planilha rápida de resolução de problemas pode ajudar na promoção de uma compreensão mais profunda dos processos de trabalho, dos problemas, dos desafios e das soluções. As melhores práticas que surgem a partir dos esforços na restrição podem ser facilmente copiadas em outras áreas aplicáveis (Figura 2.23).

Para os autores, devem ser claramente respondidos os seguintes questionamentos, com a finalidade de prosseguir com a próxima etapa:

- a) Será que estão identificados todos os processos críticos e seus fatores em relação à restrição?
- b) Foram estabelecidos e testados mecanismos de proteção para o gargalo e obtido controle em longo prazo?

- c) Os processos operacionais foram modificados e devidamente documentados?
- d) Foram estabelecidos os SOP's para auxiliar as alterações do processo?

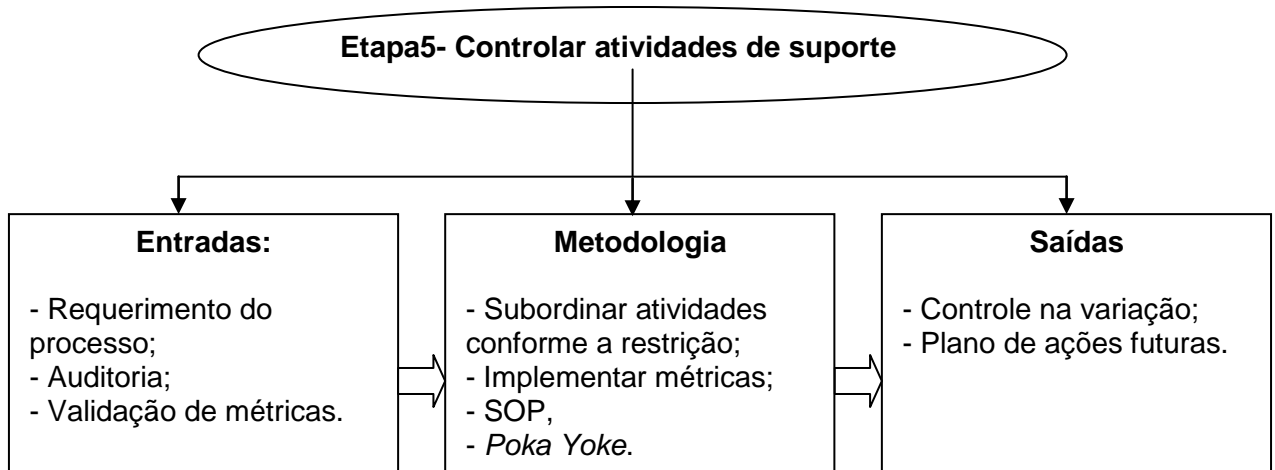


Figura 2.23. Quinta etapa do modelo iTLS™
 Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

2.5.9 Etapa 6 - Remover a restrição e estabilizar

Essa etapa irá proteger as operações do gargalo e elevá-las a um nível de capacidade em que não serão mais consideradas como uma restrição. Conforme Pirasteh e Fox (2010) é necessário, naturalmente, controlar as operações e recursos necessários para garantir a consistência do desempenho em longo prazo. Para isso, as auditorias se apresentam como metodologia eficaz para monitorar o resultado e assegurar os ganhos do processo.

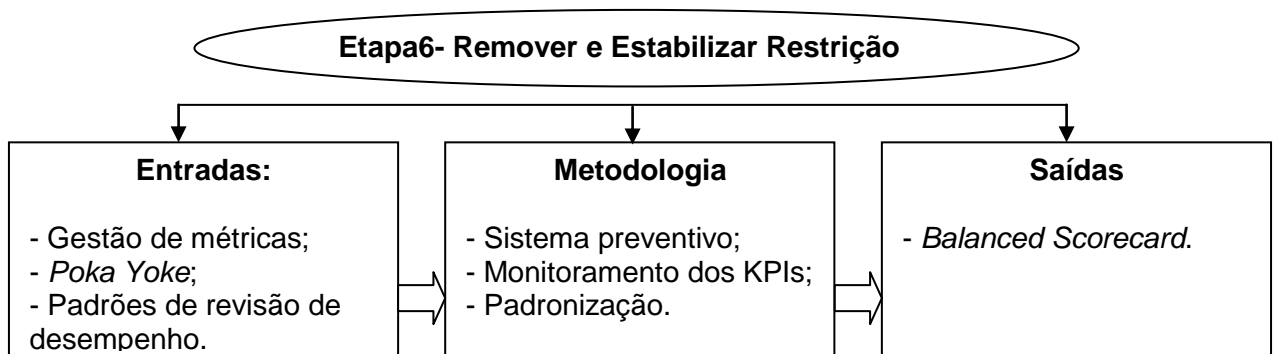


Figura 2.24. Sexta etapa do modelo iTLS™
 Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

Pirasteh (2006) sugere aplicar diariamente o *Dashboard*, com a finalidade de apresentar as operações críticas, ilustrando os indicadores de gestão para que as pessoas responsáveis tenham conhecimento do estado no tempo da cadeia de valor. Outra finalidade do *Dashboard* é possibilitar a visualização das medidas globais após a melhoria.

A verdadeira chave para a estabilização do processo encontra-se em educar e treinar os funcionários afetados para capacitá-los a compreender a VOC e VOP e interpretar o comportamento do processo.

2.5.10 Etapa 7 - Reavaliar o sistema

Nessa fase faz-se necessário avaliar o resultado depois de se eliminar a restrição e estabilizar o processo. Entretanto, deve-se também decidir se é importante focalizar uma melhoria adicional ou identificar mais oportunidades para alcançar melhor desempenho no sistema produtivo. Quando um novo gargalo surge, faz-se necessário novamente iniciar o ciclo pelo primeiro passo.

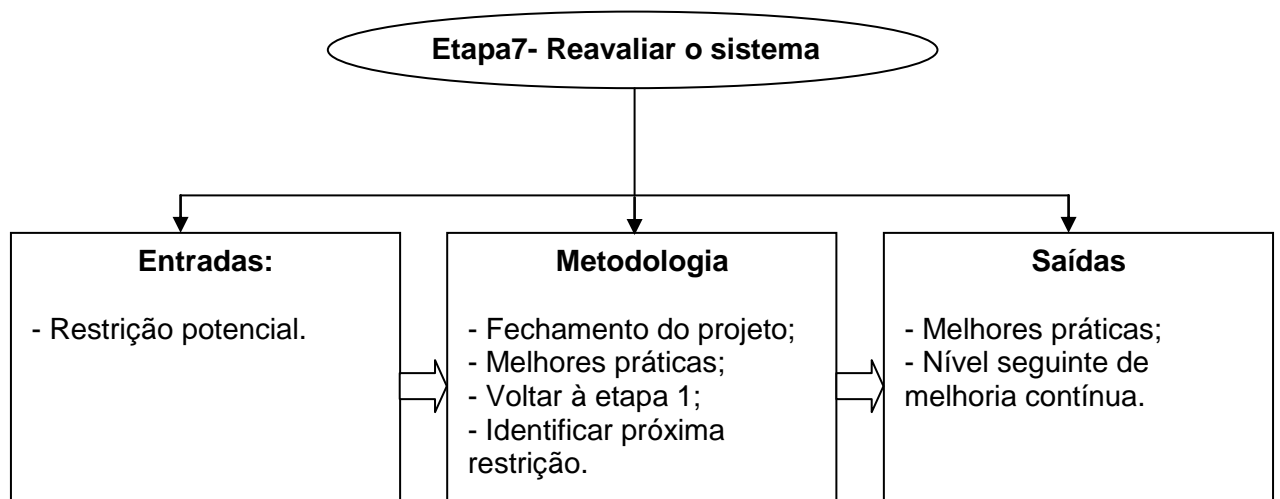


Figura 2.25. Sétima etapa do modelo iTLS™
Fonte: Adaptado Pirasteh e Fox (2010)

3. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Esse capítulo aborda a metodologia e desenvolvimento da pesquisa, iniciando no tópico 3.1 com a classificação da pesquisa desde sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Apresenta-se, na seção 3.2, o planejamento da estrutura do trabalho, desde o estudo preliminar até as considerações finais.

3.1 Classificação da Pesquisa

De acordo com Gil (2002), uma pesquisa é necessária quando não se tem informações suficientes para responder a um problema exposto. Para a realização de uma pesquisa boa e satisfatória é necessário contextualizar o problema e buscar uma justificativa, definindo-se uma metodologia de trabalho com a finalidade de atingir os objetivos propostos,

Silva e Menezes (2005) definem o conceito de pesquisa e o classificam segundo três critérios, de acordo com a sua natureza, a abordagem do problema, os objetivos e os procedimentos esquematizados na Tabela 3.1:

Tabela 3.1. Critérios e classificações de uma pesquisa

Natureza da Pesquisa	Pesquisa Básica
	Pesquisa Aplicada
Abordagem do Problema	Pesquisa Quantitativa
	Pesquisa Qualitativa
Objetivos da Pesquisa	Pesquisa Exploratória
	Pesquisa Descritiva
	Pesquisa Explicativa
Procedimentos Técnicos	Pesquisa Bibliográfica
	Pesquisa Documental
	Pesquisa Experimental
	Estudo de Caso
	Pesquisa-ação
	Pesquisa Participante

Fonte: Adaptação de Silva e Menezes (2005)

Para o presente trabalho, a metodologia científica utilizada é de natureza Pesquisa Aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para a aplicação prática, conduzindo à solução de problemas reais específicos (SILVA; MENEZES, 2005).

A pesquisa é aplicada em uma multinacional de eletrodomésticos no Brasil e tem como objetivo a redução do *lead time* em uma cadeia de valor. A multinacional em questão apresenta o problema ilustrado na Seção 1.2 e necessita de intervenções, a fim de se obter melhorias de longo prazo e eficientes. Para isso optou-se por aplicar através desse projeto o modelo iTLS™.

Quanto à abordagem do problema, o trabalho é qualitativo, pois apresenta grande fator de entendimento e interpretação por parte do autor a respeito do seu contexto, da aplicação do modelo e da correlação das abordagens nele inseridas. Ocorre que o presente trabalho também pode ter caráter quantitativo já que, segundo Silva e Menezes (2005), as informações são traduzidas em números, com a finalidade de classificá-las e analisá-las. Assim mesmo, requerem-se técnicas estatísticas para estudar o problema e obter um resultado. Com isso, para a interpretação e para os resultados da redução do *lead time* na cadeia de valor e para as metodologias do modelo iTLS™ são utilizados dados numéricos.

Segundo os objetivos da pesquisa, o trabalho é classificado como pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito, envolvendo um levantamento bibliográfico sobre o tema abordado e sua aplicação em uma pesquisa (GIL, 2002).

A pesquisa é considerada como pesquisa-ação, no que diz respeito ao procedimento técnico. Conforme Silva e Menezes (2005), a pesquisa-ação refere-se à pesquisa quando é realizada em associação com a resolução de um problema relacionado à prática das organizações. Nesse contexto, o pesquisador-autor do projeto está envolvido de modo participativo com os membros da cadeia de valor na aplicação do modelo.

A metodologia de pesquisa-ação mostra-se adequada ao projeto, especialmente devido à participação do pesquisador no processo da aplicação do modelo iTLS™ na empresa estudada. A participação traz como resultado uma maior compreensão da implantação, das dificuldades ou das oportunidades e do modelo na cadeia de valor, a fim de reduzir seu *lead time*.

Conforme Thiollent (2007) esse tipo de pesquisa permite o acompanhamento próximo do pesquisador no desenvolvimento da aplicação de

forma continuada dos efeitos das intervenções propostas, gerando conhecimento para o pesquisador sobre o objeto de pesquisa.

3.2 Ambiente da Pesquisa

O escopo da pesquisa é formado por três etapas (Figura 3.1): Introdução; Estudo Preliminar; Aplicação do iTLS™ e Considerações.

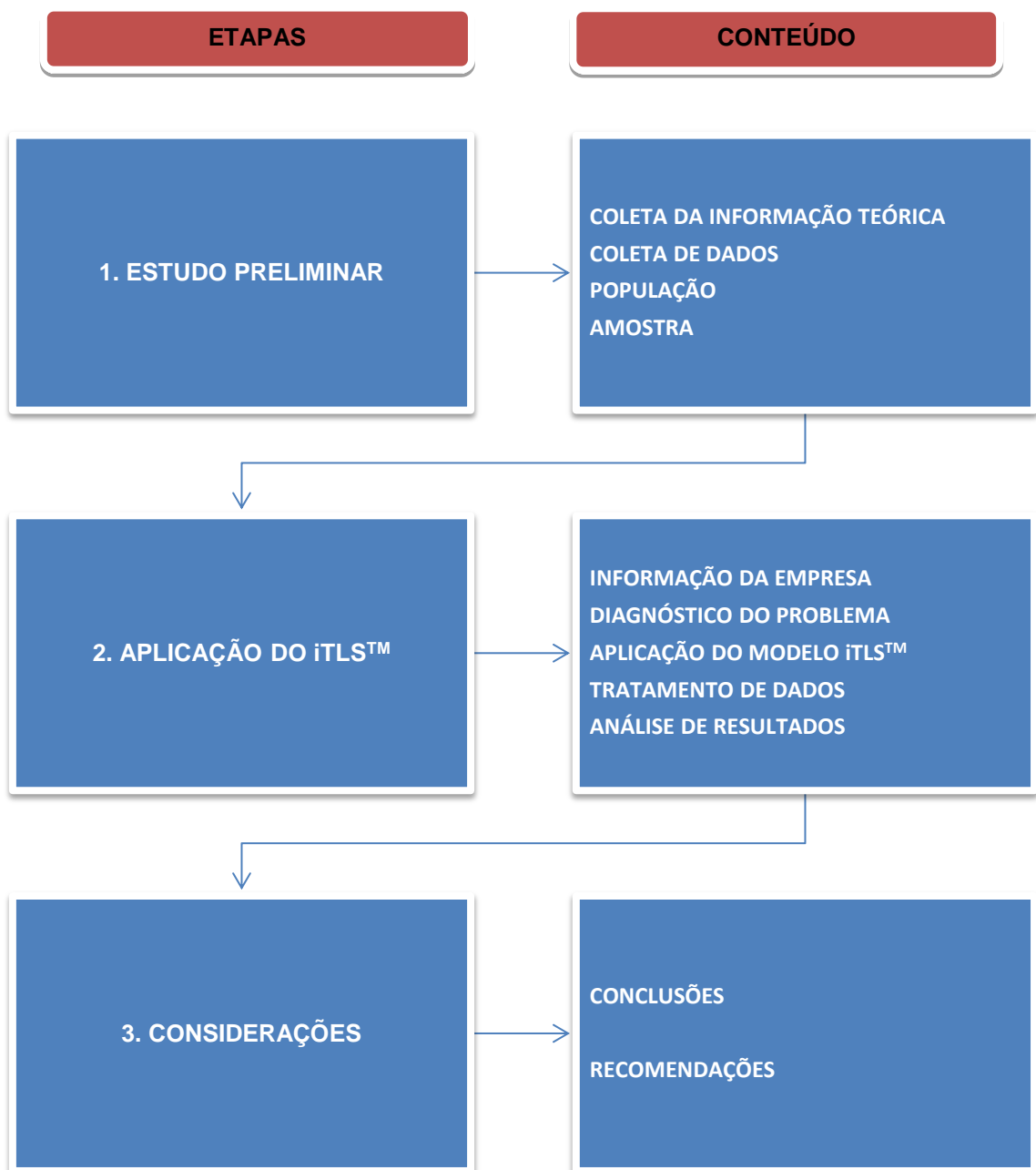


Figura 3.1. Etapas da Pesquisa
 Fonte: Elaborado pelo Autor

3.2.1 Estudo Preliminar:

A segunda etapa define as atividades preliminares anteriores à aplicação do modelo. Inicialmente é realizada a coleta das informações, através da qual se obtém um levantamento teórico (Capítulo 2) abrangente de assuntos relacionados ao tema do trabalho.

São abordados os seguintes temas: Teoria das Restrições (Seção 2.1), que concentra os seguintes princípios: Etapas de Melhoria Contínua e Processo de Raciocínio. Como segundo conceito o *Lean Manufacturing* (Seção 2.2) e os princípios que influenciam na visão do valor do cliente, os quais, de forma detalhada, ilustram o conceito de desperdício em relação ao valor agregado, Mapeamento de Fluxo de Valor, o conceito da Cadeia de Valor que enxerga todo o sistema dentro da fabricação do produto. Por último, o Seis Sigma, conceito estatístico de gestão, enfatizando o ciclo do DMAIC para a redução da variabilidade no processo (Seção 2.3).

Posteriormente é referenciada a integração das três metodologias (Seção 2.4), com a finalidade de identificar a correlação que cada abordagem apresenta além de dar profundidade ao modelo iTLS™ (Seção 2.5), detalhando sua origem, passos para a aplicação que identificam os três conceitos integrados e explicitados anteriormente.

Para isso, a revisão teórica foi feita baseada em livros, artigos científicos, materiais de congressos, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

Dentro da segunda etapa, também são apresentadas as coletas de dados da empresa estudada. Yin (2001) apresenta três princípios que auxiliam o pesquisador na coleta de dados de acordo com o estudo da pesquisa:

- a) Utilizar várias fontes de evidências, não apenas uma;
- b) Criar um banco de dados para o estudo da pesquisa;
- c) Realizar a manutenção do encadeamento das evidências.

Em relação às técnicas de coleta de dados propostas por Yin (2001) nesse estudo, foram utilizadas:

- a) Observações diretas;
- b) Observação Participante;
- c) Análise Documental;

d) Entrevista não estruturada.

Como a pesquisa-ação deve ocorrer num ambiente natural, a observação direta é frequentemente favorável para fornecer informação ao escopo investigado (YIN, 2001).

No presente caso, a observação direta foi escolhida com a finalidade de identificar o fluxo de trabalho na empresa estudada conforme o *lead time* da cadeia de valor selecionada, gerando conhecimento das atividades relacionadas à cadeia de valor e ao modelo iTLS™.

Durante a pesquisa, a observação participante também foi um recurso útil para a coleta de dados. Conforme Gil (2002), a observação participante é uma das técnicas mais utilizadas pelos pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa e consiste na participação do pesquisador no estudo, tornando-o, em alguns momentos, personagem fundamental da pesquisa, o que aumenta seu comprometimento.

O pesquisador, com o uso da observação participante, pode perceber a realidade do ponto de vista de alguém dentro da pesquisa-ação, contribuindo com a aplicação do modelo estudado, colaborando com a resolução do problema (Seção 1.2), além de interagir e acompanhar as transformações ocorridas durante o período do trabalho.

Em relação à análise documental utilizada nesse trabalho, foram analisados documentos relacionados à cadeia de valor para entender as funcionalidades de cada parte do processo. Alguns exemplos desse tipo de técnica são: Fluxograma da Programação da Produção e Materiais; Fluxograma da Qualidade no chão de fábrica e Procedimentos padronizados na linha de montagem e Fluxograma de processos. Em conjunto com as observações diretas, com os participantes e com a documentação, outra técnica utilizada é a entrevista.

Yin (2001) acredita que a vantagem da entrevista é que esta possibilita ao pesquisador esclarecer dúvidas e aprofundar os dados coletados. O autor classifica a entrevista em estruturada e não estruturada, sendo que diante da natureza desse trabalho, é classificada como não estruturada.

Segundo Yin (2001), para esse tipo de entrevista não existe um padrão a ser seguido, por exemplo, o pesquisador entrevistará os envolvidos na cadeia de valor de forma aberta, buscando entender como é o fluxo de trabalho desde o momento

em que o cliente inicia com o interesse em sua demanda, até o momento em que o produto é fabricado e vendido.

Os conceitos de população e de amostra também são parte da coleta de dados da pesquisa. A população a ser pesquisada pelo autor é a empresa estudada e, conforme Montgomery e Runger (2003), a população é definida como o conjunto de indivíduos que partilham de, ao menos, uma característica.

De acordo com as amostras, a empresa apresenta quatro linhas de montagem, sendo uma delas escolhida de forma intencional pelo pesquisador. De acordo com Montgomery e Runger (2003), as amostras intencionais são escolhidas conforme a representação do bom julgamento da população.

A escolha da linha de montagem de maneira intencional deve-se à modernidade da linha, cujo produto é um dos poucos fabricados no Brasil. Em virtude disso a procura por melhores práticas de manufatura na conquista de mercado em relação ao preço e redução de custos constituem uma prioridade para a empresa. Durante a pesquisa não é revelada a identidade da empresa nem da linha de montagem estudada, sendo que todas as informações serão mantidas em completo sigilo.

3.2.2 Aplicação do iTLS™

Na terceira etapa é realizada a pesquisa-ação. A análise de dados e informações coletadas é realizada de forma individual e posteriormente, de forma cruzada com a literatura, como ensina Yin (2001):

“A técnica de triangulação dos dados é recomendada quando se usa múltiplas fontes de evidências, como as entrevistas bibliográficas, questionários e observação direta. Esta técnica possibilita uma convincente análise dos dados com validação interna”.

Em relação à cadeia de valor a ser estudada, foram coletados dados históricos semanais dos meses de agosto de 2012 até abril de 2013, que identificam a tendência do problema e têm como objetivo avaliar os indicadores relacionados ao estudo que mostram um *lead time* fora do esperado.

Posteriormente, foram aplicados os sete passos do modelo iTLS™ (Figura 2.17) com ferramentas prévias relacionadas à TOC, ao *Lean* e ao Seis Sigma.

O Mapeamento de Fluxo de Valor, Árvores de Raciocínio Lógico, Cartas de Controle, entre outros, são essenciais para o desenvolvimento e aplicação dessa pesquisa, a fim de que se encontre a restrição no sistema que impede um ótimo *lead time*, os desperdícios no fluxo de valor e a variabilidade no processo produtivo.

O iTLS™ foi aplicado no período de maio de 2013 até dezembro de 2013, sendo o mês de janeiro de 2014 o período para validar as informações do resultado e demonstrar através do controle da variabilidade as melhorias na cadeia de valor ao longo prazo.

A aplicação do iTLS™ foi realizada pelo pesquisador, que também desenvolveu o estágio de pesquisa na empresa estudada. As informações relacionadas com a cadeia de valor foram fornecidas pelo Engenheiro de Processo, pelo Engenheiro de Qualidade, pelo Analista de *Supply Chain* e pelo Analista da Logística especializado em Melhoria Contínua.

Em relação ao modelo aplicado para a análise do estado atual da cadeia de valor foram entrevistadas pessoas responsáveis pela influência do produto desde a demanda até a sua fabricação. As entrevistas foram realizadas com o planejador da demanda, com o responsável pelo PCM (Programação e Controle de Materiais), com o responsável pelo PCP (Programação e controle da Produção) e pela importação de matéria prima oriunda da China e com o responsável Logístico da Expedição.

Analisando o processo da fabricação do produto e sua linha de montagem, o pesquisador levantou informações a respeito do tempo de ciclo, das quantidades de estoque e dos indicadores. Segundo Rother e Shook (2003), mapear a cadeia de valor atual pressupõe coletar informações e, nesse caso, o pesquisador e seu grupo de trabalho “caminharão pelo chão de fábrica” (*Gemba*) junto aos fluxos reais de materiais e informações.

3.2.3 Considerações:

As conclusões e recomendações do trabalho encontram-se na quarta e última etapa da metodologia. Uma vez concluída a aplicação do modelo e realizada a avaliação da aplicação da pesquisa, foi importante para o pesquisador expressar a experiência da aplicação do modelo na empresa estudada, seus pontos fracos e fortes, assim como sugestões para trabalhos futuros em relação ao tema abordado.

4. APLICAÇÃO DO iTLS™ - EMPRESA ALF@

O capítulo trata da avaliação do iTLS™ da empresa Alf@, onde é aplicada na cadeia de valor *Gama* e cujo sistema produtivo é de caráter Discreto. O capítulo faz uma breve descrição da empresa, contando sua história, mostrando sua divisão de negócios e generalidades do sistema de produção que são estudados. O autor mostra a estrutura da cadeia de valor *Gama*, os aspectos e áreas dentro da cadeia. Por fim, o autor apresenta a aplicação do iTLS™, exibindo detalhadamente as sete etapas.

4.1 Generalidades da Empresa

A empresa Alf@ é uma multinacional de Eletrodomésticos fundada em 1925 e estabelecida no Brasil em 1980, possuindo quatro fábricas localizadas em Manaus, São Carlos, Curitiba e São José dos Pinhais.

Atualmente, a multinacional tem mercado em todos os continentes do mundo, vende mais de 60 milhões de unidades por ano e possui fábricas em diferentes países como Alemanha, China, Espanha, Estados Unidos, França, entre outros. Além disso, apresenta três tipos de área de atuação de mercado: Produtos Profissionais, Produtos Linha Branca e Produtos Eletroportáteis (Figura 4.1).

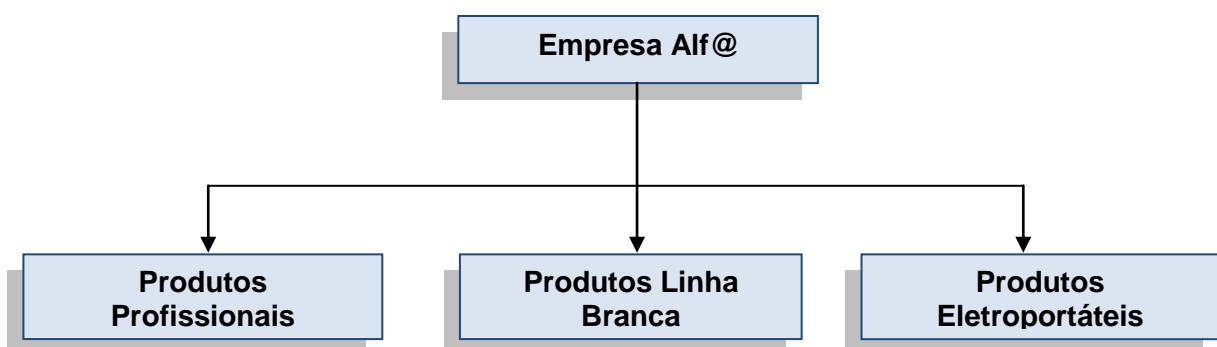


Figura 4.1. Áreas de atuação da empresa Alf@
Fonte: Elaborado pelo autor

A área de atuação selecionada por essa pesquisa é a divisão designada a produtos eletroportáteis. Uma das fábricas especializadas nesse tipo de produto está localizada na cidade de Curitiba, Estado do Paraná. A fábrica apresenta quatro linhas de montagem orientadas para quatro tipos de eletroportáteis diferentes. As

linhas de montagem são consideradas como quatro tipos de cadeias de valor (possuem diferentes clientes, fornecedores, números de estações na linha de montagem, diferentes produtos, etc.).

4.2 A cadeia de valor “*Gama*”

A cadeia de valor selecionada nesse estudo será denominada “*Gama*” e os produtos manufaturados serão chamados “T”, “X”, “Y” e “Z”. No que se refere à estrutura e funcionalidade, a especificação dos produtos é a mesma, mas são diferenciados pela cor apresentada por cada um deles.

Os dois motivos principais da escolha da cadeia de valor *Gama* são a modernidade de sua instalação no Brasil e a quantidade de postos na linha de montagem.

Primeiramente, a cadeia de valor e a linha de montagem foram estruturadas no país pela motivação de obter ampla participação no mercado, fabricando no Brasil produtos que anteriormente eram importados. A estratégia da empresa Alf@ é de aumentar as vendas no país e iniciar a exportação dos produtos para diferentes países de América Latina. Por isso, a fábrica assume o grande desafio de aplicar políticas na inovação dos produtos e em toda sua cadeia de valor.

O segundo motivo é que a linha de montagem selecionada apresenta 33 postos de trabalho. Portanto, é a menor entre as linhas (em média as demais possuem 60 postos), o que permite gerar resultados dentro do tempo especificado pelo projeto. A estrutura da cadeia de valor *Gama* é composta pelos seguintes itens principais:

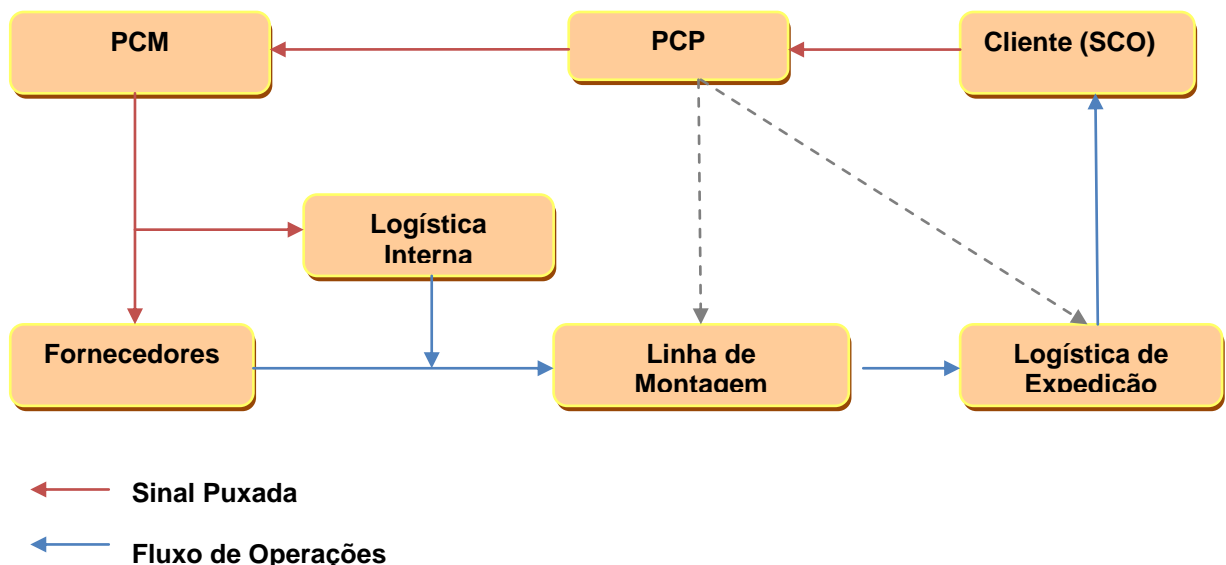


Figura 4.2. Ilustração da cadeia de valor Gama
Fonte: Elaborado pelo Autor

a) Cliente:

Conforme a seção 1.5, o cliente do presente trabalho é o Centro de Distribuição Logístico, cuja responsabilidade é do departamento de *Supply Chain Outbound* (SCO). O SCO apresenta uma relação interligada com as áreas de Marketing e Vendas e Planejamento da Produção. Portanto, suas funções principais são: Gestão de Estoque, Transporte, Distribuição e Gestão do S&OP (Vendas e Planejamento de Operações) atuando nas etapas de atualização de dados de vendas, planejamento de demanda e planejamento de produção e suprimento.

O S&OP é realizado nos primeiros cinco dias do mês para analisar as quantidades previstas de vendas e sua viabilidade de cumprir as expectativas, de acordo com as necessidades do cliente.

b) Planejamento da Produção:

Uma vez recebidas as necessidades de venda e demanda mensais do SCO, o Planejador da Produção (PCP) realiza o Planejamento Mestre da Produção (MPS) criando um plano agregado com as quantidades a serem produzidas mensalmente, dependendo da disponibilidade de materiais e da capacidade da linha de montagem. A metodologia empregada para a fabricação dos produtos é a metodologia por Lotes.

c) Planejamento de Materiais;

O Planejador de Materiais (PCM) é o responsável por colocar as encomendas de matéria prima nos fornecedores com ajuda do Planejamento de Requerimento de Materiais (MRP) tendo como base o MPS e o S&OP, para estabelecer o *lead time* dos fornecedores.

d) Fornecedores;

Conforme as limitações da pesquisa, os fornecedores estudados correspondem aos componentes referenciados. Quatro dos cinco fornecedores são nacionais e apresentam um *lead time* de aproximadamente 30 dias para suprir toda a demanda da produção. O fornecedor F5 está localizado na China e seu *lead time* varia de 3 a 4 meses.

e) Logística Interna de Abastecimento;

A responsabilidade principal da Logística Interna é garantir o fluxo ótimo de materiais nas linhas de montagem para a fabricação dos produtos de maneira que atendam ao planejado. A área da Logística recebe o MRP do Planejador de Materiais, com a finalidade de ter conhecimento da quantidade de matéria prima que está chegando e a disponibilidade que os postos de trabalho na linha de montagem devem ter no que se refere ao tempo.

f) Processo de fabricação;

A linha de montagem possui 33 postos de trabalho e cada um é responsável por montar uma parte do produto em forma sequencial ou em fluxo contínuo, conforme o *Takt Time* do cliente, até chegar ao último posto já com o produto montado (Figura 4.3). Especificamente, os 33 postos são divididos em cinco grupos de operações:

- Grupo LM1: compreende os postos 1, 2 e 3 e realizam o processo de solda dos componentes C1 e C2;
- Grupo LM2: compreende os postos 4 até o 8. Esse grupo realiza a pré-montagem do componente C3 após a solda dos componentes anteriores;
- Grupo LM3: compreende os postos 9 a 24. Esse grupo é considerado como a etapa crítica do processo, visto que o produto já apresenta 90% de sua montagem. Aqui os componentes C4 e C5 são montados;

- Grupo LM4: compreende os postos 25 a 29. Aqui são testados 100% dos produtos montados nos grupos anteriores. Em caso de reprovação, são retrabalhados pelos postos 27 e 28;
- Grupo LM5: compreende os postos 30 a 33. Esse grupo é responsável pela embalagem dos produtos (Etiquetas, Manual, Caixa *Master*, filme de *stretch*) e pelo envio até a Expedição para o contagem do DSA.

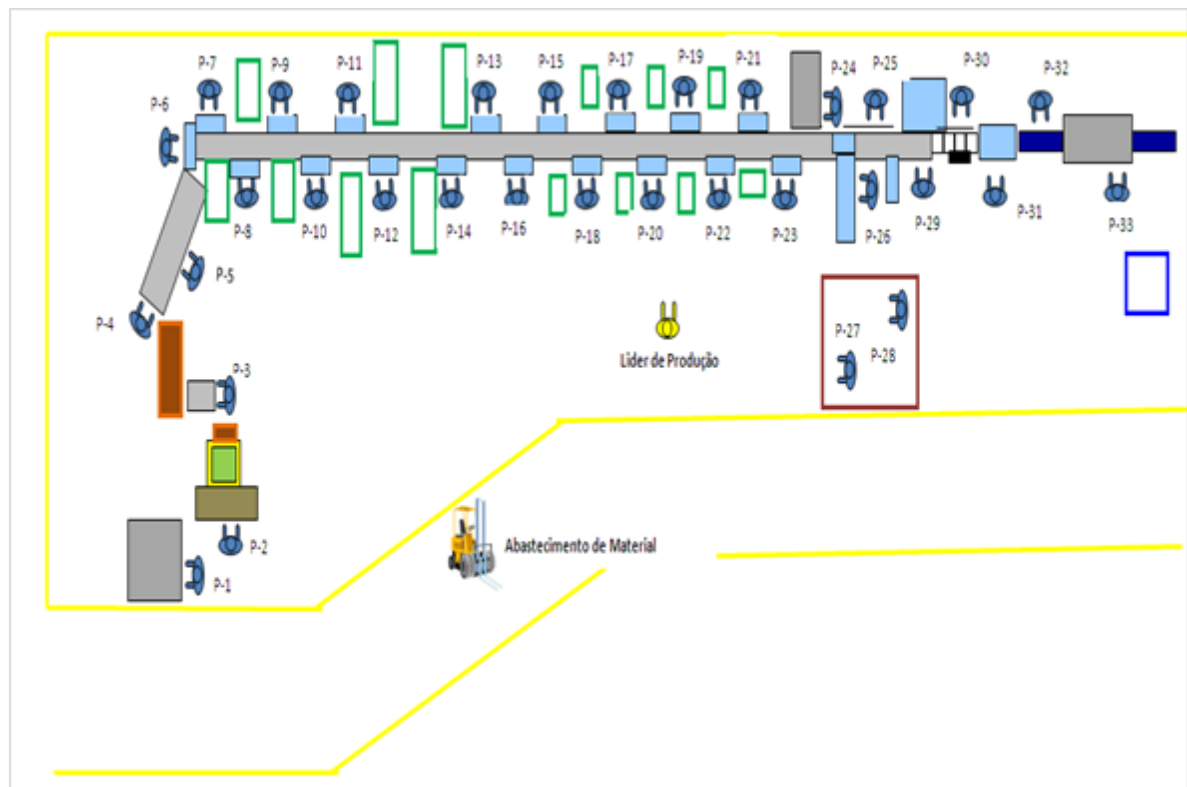


Figura 4.3. Layout da linha de montagem

Fonte: Elaborado pelo Autor

É importante destacar dois aspectos dentro do processo de fabricação: o primeiro deles é a existência de diferentes significados, conforme a figura 4.3, no que se refere à cor verde e à cor marrom. A cor verde significa o local onde a matéria prima é recebida por aramados para a montagem de peças. A cor marrom, ilustrada entre os postos 3 e 4, apresenta a visão de um *Flow Rack* para a disposição de materiais no grupo LM1 e LM2.

Como segundo aspecto, o Engenheiro de Processos é o técnico da qualidade responsável por garantir um fluxo ótimo de linha e a alta *performance* da qualidade para o cliente.

g) Logística de Expedição.

A expedição é outra atividade da logística estabelecida para disponibilizar os produtos terminados e enviá-los para o Centro de Distribuição. A Logística de Expedição possui o MPS para determinar as quantidades corretas e incorretas do DSA na linha de montagem selecionada neste projeto e da fábrica em geral.

4.3 Diagnóstico do Problema

Os produtos T, X, Y e Z, em termos comerciais, proporcionam uma excelente oportunidade de mercado e o objetivo principal da empresa Alf@ é ser líder do setor de Eletroportáteis, em especial para esses produtos.

No entanto, a cadeia de valor recebe pressão para melhorar sua **produtividade, qualidade, custo e entrega**. Por um lado há a pressão dos clientes, que demandam quantidades consideráveis de produtos para sua necessidade mensal e, por outro lado, a exigência de altos padrões de qualidade.

Uma visualização dos quatro indicadores mencionados anteriormente é apresentada na figura 4.4, que ilustra o resultado de suas operações de vendas e de estoque.

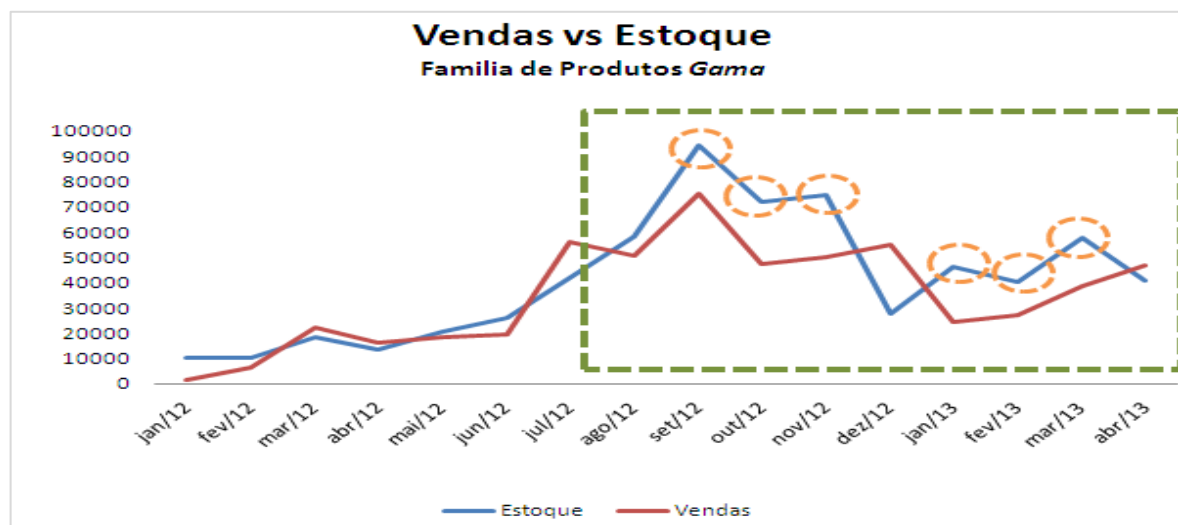


Figura 4.4. Performance das Vendas vs Estoque da família de produtos Gama
Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com a figura anterior, desde o mês de agosto de 2012 (data em que foi iniciada a coleta de dados para análise) os valores de estoque vêm se apresentando superiores aos valores de vendas. Na definição de desperdícios de Ohno (1997) essa situação é denominada Excesso de Estoque. Esse tipo de desperdício na cadeia *Gama* é consequência de diversos fatores tais como baixa rotatividade dos produtos, discrepância entre o volume de vendas reais e de vendas planejadas, planejamento da produção em desacordo com o planejado no S&OP, superprodução, entre outros.

Um exemplo comum de problema que ocorre na cadeia *Gama* é quando há uma variação na demanda (demanda incerta). Nesse caso a programação da produção deve efetuar o planejamento utilizando-se de dados históricos, o que pode, no entanto, ocasionar atrasos ou antecipações, dependendo do fluxo das operações, tais como tempo de entrega da matéria prima, eficiência da linha de montagem e disponibilidade de transporte.

Quando os produtos não estão disponíveis no tempo e momento certos, existe uma alta probabilidade de o cliente não desejar mais esse produto e procurar um modelo similar da concorrência, criando efeitos negativos de Marketing e baixa rotatividade do modelo no mercado.

Em termos financeiros, tal situação também apresenta alguns aspectos negativos. O excesso de estoque origina altos custos na manutenção dos produtos no centro de distribuição. A fim de melhorar o giro de estoque de produtos, a empresa Alf@ proporciona programas de descontos ou promoções. A redução do preço, por sua vez, prejudica o lucro da companhia. A *performance* individual por produto da cadeia de valor *Gama* está ilustrada na seguinte figura:

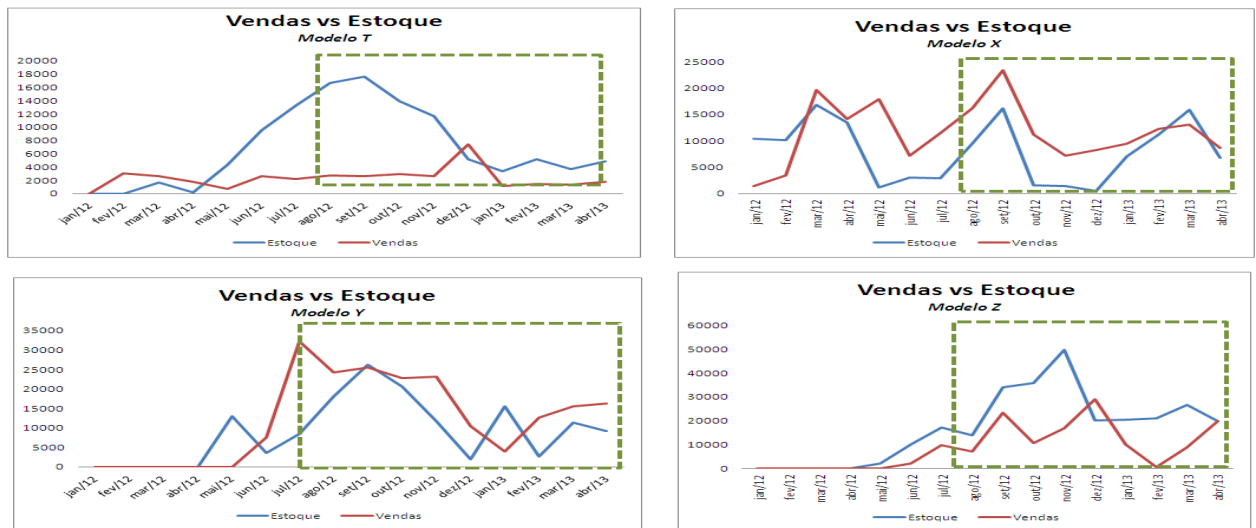


Figura 4.5. Performance das Vendas vs Estoque por produtos
Fonte: Elaborado pelo Autor

O problema causado pelo excesso de estoque e pela baixa nas vendas altera toda a cadeia *Gama* e a afeta a satisfação do cliente. A satisfação do cliente constitui um fator essencial para que a empresa garanta sua sobrevivência no mercado e envolve a necessidade de produzir com qualidade, custo reduzido, alta produtividade nas operações e entrega eficiente para os clientes.

Um indicador logístico relacionado com a satisfação do cliente é o DSA (*Delivery Schedule Adherence – Aderência da Programação de Entrega*). Segundo Wincel (2004), o DSA mede o desempenho com que um fornecedor entrega as quantidades planejadas de forma eficiente a seus clientes. Tipicamente, o indicador é calculado pela seguinte equação:

$$DSA = \frac{QP - QI}{QP} \times 100\% \quad [7]$$

As variáveis do indicador são compostas por:

- QP* - Quantidade Planejada: representa a quantidade de produção que foi planejada no MPS, conforme a demanda do cliente.
- QI* - Quantidade Incorreta: representa os produtos que foram produzidos fora da programação, quantidade incorreta (a mais ou a menos) ou fabricação de modelos diferentes que não foram planejados.

Os produtos são considerados produzidos quando são entregues para a Logística da Expedição. Por isso o departamento do SCO é o responsável pelo controle do indicador DSA, relacionado diretamente com a entrega e avaliação da satisfação do cliente.

Em decorrência disso, o DSA de forma quantitativa, representa uma relação inversamente proporcional ao *lead time* do cliente (desde o momento em que o cliente envia sua demanda até o momento da entrega do produto). Se um DSA é igual a 100%, recebe a seguinte interpretação: as quantidades produzidas foram iguais às quantidades de produção planejadas (conceito enxuto: só produzir aquilo que o cliente necessita), a satisfação de entrega do cliente é eficiente, o *lead time* do produto permanece baixo.

Considerando-se o conceito de entrega, o diagnóstico da cadeia de valor *Gama* tem apresentado há muito tempo resultados negativos, o que afeta a confiabilidade, a satisfação do cliente e a eficiência das vendas.

O ideal do DSA é estar constantemente em 100%, mas por tolerância na fadiga de operações, o objetivo para a cadeia de valor *Gama* é de 90%. Para uma análise quantitativa, foram coletadas informações semanais, dos meses de agosto de 2012 até abril de 2013, em que se pôde apreciar a *performance* da entrega ao cliente (Figura 4.6).

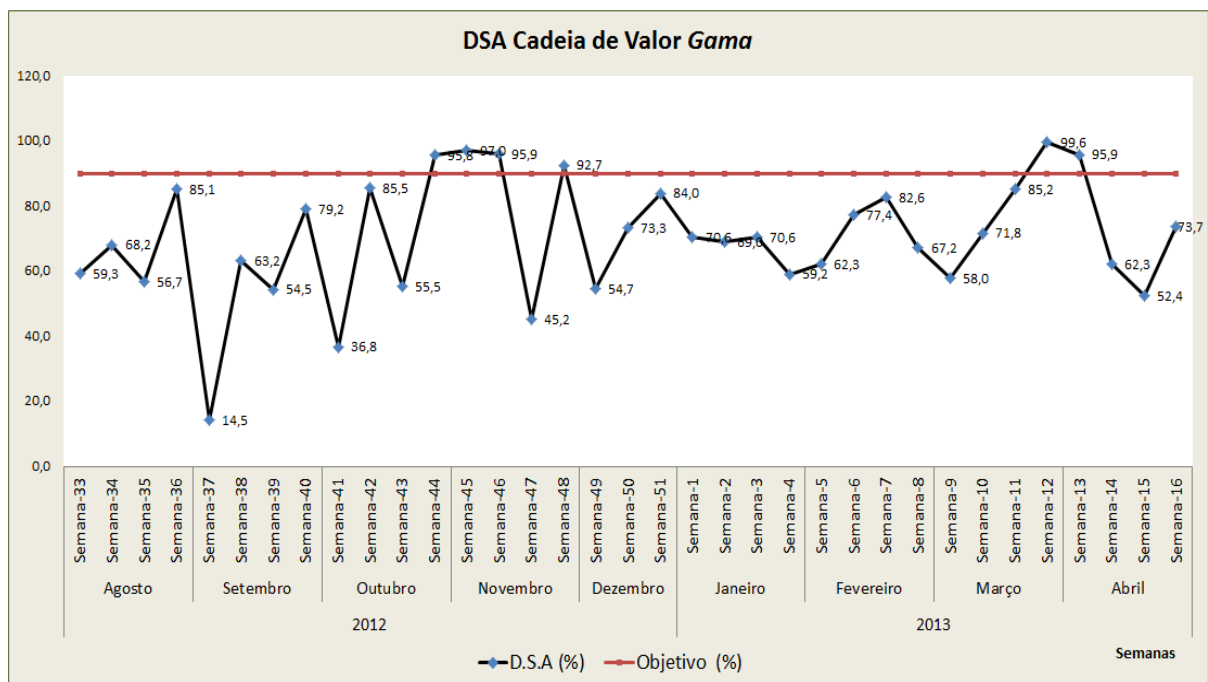


Figura 4.6. Performance do DSA na cadeia de valor Gama
 Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 4.7 são representadas algumas características particulares da evolução semanal do DSA durante os 9 meses de coleta de dados:

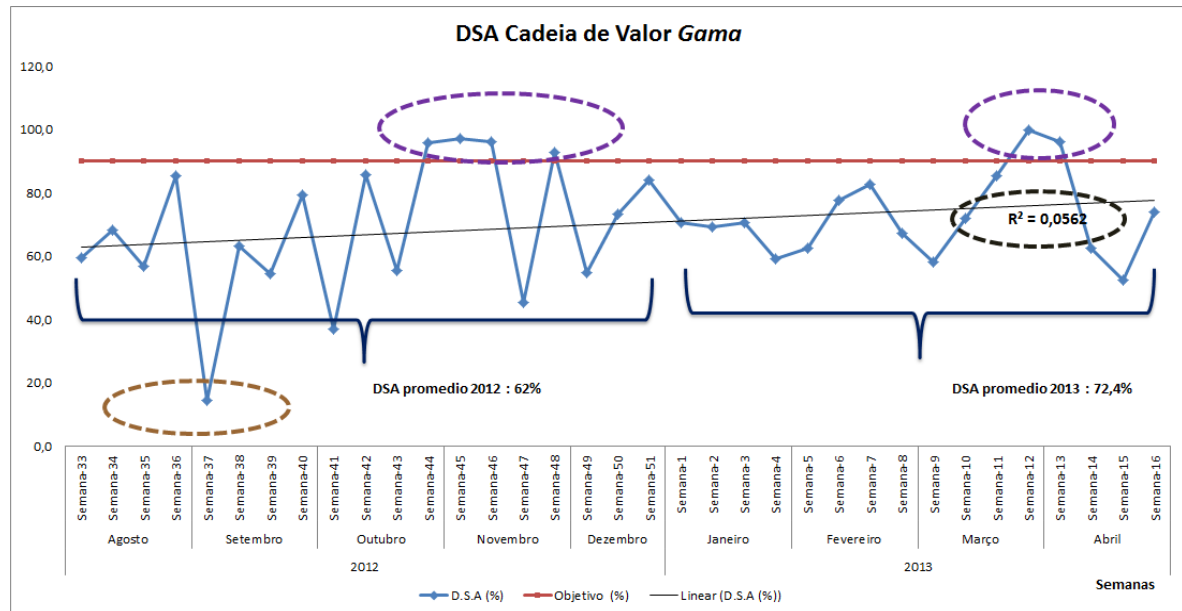


Figura 4.7. Pontos de análise do DSA na cadeia de valor Gama

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quanto à conformidade do DSA é possível identificar que das 35 semanas de dados históricos, 5 semanas (assinaladas com círculo de cor roxa) de diferentes meses estão acima de 90%. Em termos estatísticos a conformidade é de 14%. Assim mesmo, os resultados acima de 90% são mantidos por curtos períodos, ou seja por duas ou três semanas, depois a tendência do DSA é descendente. Uma justificativa razoável é a melhoria de curto prazo das áreas influentes da produção, mas não existe método de controle prolongado para longo prazo.

Conforme a não conformidade do DSA, uma vez determinados os 14% de conformidade, a evolução do DSA também pode ser interpretada como 86% de não conformidade na amostra estudada. As causas podem ser muitas, no entanto é preciso que seja feita uma análise mais aprofundada. As paradas de linha não planejadas, a falta de um congelamento da produção em função da demanda e a não padronização podem ser algumas das causas.

De acordo à média do DSA acumulado por ano comparando-se a taxa média acumulada de 2012 com a de 2013, houve uma diferença de 62% para 72,4%. Esse aumento pode ser alcançado devido à aplicação de algumas ferramentas do *Lean* ou Seis Sigma para controlar os desperdícios da gestão.

Em relação á Correlação Linear do DSA, estatisticamente os valores semanais do DSA proporcionam uma correlação de 0,0562 (5%), interpretando-se como todos os resultados semanais que ilustram um grau de correspondência em 5%, conforme ao valor objetivo de 90%. É um valor “fraco” considerando-se que a linha de tendência é mais confiável quando o nível de correlação é próximo de 1, portanto, a meta é estabelecer ações para que o DSA seja igual ou superior a 90%, e assim, em termos quantitativos a correlação seja próxima de 1.

Como consequência disso, os responsáveis pela cadeia de valor utilizaram em ocasiões anteriores diferentes técnicas isoladas do *Lean* e Seis Sigma, a fim de melhorar o desempenho de entrega de produtos. Contudo a dificuldade em se manter um resultado positivo constante em longo prazo persistiu.

A tendência de melhoria mostrou-se apenas em curto prazo. Como foi possível observar, houve um melhoramento dos resultados em cinco semanas, mas após algum tempo os resultados esperados já não foram atingidos, considerando-se a meta estabelecida. Talvez alguns dos motivos do baixo nível de eficiência das abordagens sejam a dificuldade em se encontrar a restrição chave do problema e as limitações apresentadas pelo *Lean* e pelo Seis Sigma.

A decisão de se aplicar um modelo como o iTLS™, que integre as abordagens mencionados e que identifique o recurso ou a restrição principal aplicando a TOC, foi acatada com a finalidade de melhorar a cadeia de valor em termos de entrega, tanto em curto quanto em longo prazo.

4.4 Etapa 1 - Mobilizar e Focar

Uma vez diagnosticado o problema na cadeia de valor Gama, a implementação do modelo teve seu início no mês de maio de 2013, através da identificação da restrição principal que impedia um ótimo resultado:

A primeira etapa foi identificar a restrição crítica e posteriormente focar o trabalho eliminando a restrição identificada para a melhoria em todo o sistema. Nessa primeira etapa da aplicação do modelo, foram consideradas 5 fases necessárias para a identificação da restrição e a concentração dos esforços na cadeia de valor:

- a) Mapeamento da Cadeia de Valor *Gama*;

- b) Árvore da Realidade Atual;
- c) Identificação da Restrição;
- d) Determinação de objetivo;
- e) *Project Charter*.

4.4.1 Mapeamento da Cadeia de valor *Gama*

Para identificar a restrição da cadeia de valor, primeiro deve-se enxergar a cadeia de valor *Gama* pela ferramenta do VSM e calcular seu *lead time* (Equação 1, Página 19).

De acordo com o VSM, as áreas envolvidas são: Cliente, Departamento Comercial, Área de PCP, Área de PCM, Compras, Importação, Operações na linha de montagem, Logística e SCO (Figura 4.2).

Pela complexidade e pela quantidade de clientes que a empresa Alf@ apresenta, a coleta de informações e entrevistas com as pessoas responsáveis poderia gerar algumas limitações em relação ao tempo do projeto. Por isso o cliente é o Centro de Distribuição e está sob a responsabilidade do SCO e da Área Comercial, uma vez que essas áreas têm todas as informações consolidadas de todos os clientes, em relação à demanda e prioridades de entrega.

As operações da linha de montagem e a identificação dos 40 componentes dos produtos da cadeia de valor também poderiam criar uma série de obstáculos. Porém, foram considerados para o presente trabalho os itens críticos denominados C1, C2, C3, C4 e C5. Assim como seus fornecedores F1, F2, F3, F4 e F5, respectivamente. No mês de maio de 2013, a demanda do cliente da família de produtos *Gama* totalizava 75.979 unidades. As quantidades de demanda por produtos estão estabelecidas na tabela a seguir:

Tabela 4.1. Demanda dos produtos de cadeia de valor *Gama* no mês de maio de 2013

<u>Produto</u>	<u>Quantidade (unid.)</u>
T	22090
X	8626
Y	23975
Z	21288
Total	75979

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para abastecer as necessidades da demanda, a linha de montagem opera em um turno de 6,5 horas trabalhado (descontando período de almoço e descanso) em 25 dias de trabalho no mês (considerando os sábados). Portanto a demanda diária é dada por:

Tabela 4.2. Demanda diária dos produtos de cadeia de valor Gama

Produto	Quantidade (unid.)
T	883,6
X	345,04
Y	959
Z	851,52
Total	3039,16

Fonte: Elaborado pelo Autor

O SCO envia a necessidade da demanda para as áreas de PCP e PCM. O responsável pelo PCM envia requerimentos de ordem de compra para os fornecedores e o planejamento do *lead time* no mês. Os fornecedores nacionais F1, F2, F3, e F4 apresentam um *lead time* de entrega de 30 dias no total, porém para cada semana do mês, os fornecedores enviam as quantidades parciais, conforme o MPS.

No caso do Fornecedor F5, que provê o componente C5, a situação é mais complexa. O componente é trazido da China e o tempo que o fornecedor necessita para entregar o produto a partir do momento em que recebe a ordem de pedido até o envio é de 116 dias. Uma vez que o C5 chega à planta, é recebido pela área de qualidade, denominada LM6, para sua respectiva auditoria. Os itens aprovados são liberados para a Linha de Montagem, mas os itens com especificações fora do padrão são analisados e negociados com o F5 para sua devolução.

Os demais itens, após a liberação da qualidade, são encaminhados para a linha de montagem. A linha de montagem apresenta 33 postos de trabalho de forma sequencial: soldagem, pré-montagem, montagem, testes e embalagem, e são denominados LM1, LM2, LM3, LM4 e LM5, respectivamente. De acordo com a demanda, a linha de montagem calcula o *Takt Time* do cliente. Os produtos são montados e liberados para a Expedição, que transporta os produtos manufaturados diariamente para o Centro de Distribuição.

As quantidades dos estoques dos componentes analisados são calculadas, assim é possível apreciar o *lead time* total da cadeia de valor *Gama*, conforme equação 1 (Tabela 4.3, pg. 19). Os componentes com fornecedores F1, F2, F3 e F5 ilustrados na figura 4.8 estão de forma paralela. Rother e Shook (2003) sugerem considerar um *lead time* maior, portanto o *lead time* total na cadeia de valor é dado por:

Tabela 4.3. Lead Time dos componentes da cadeia de valor *Gama*

Componente	Estoque (Unid)	Lead time (dias)
C5	63409	20,9
C3	17920	5,89
LM1	3650	1,2
C2	9500	3,13
C1	29937	9,6
C4	15040	4,95
LM6	5908	1,94
Total		27,05

Fonte: Elaborado pelo Autor

A cadeia de valor *Gama* apresenta um *lead time* de 27,05 dias, essa quantidade de dias corresponde ao tempo que um produto demora até percorrer toda a cadeia de valor e, em termos quantitativos, representa a relação proporcional dos resultados e desempenho semanal do DSA (Figura 4.6). Em resumo, o VSM atual é demonstrado pela figura 4.8.

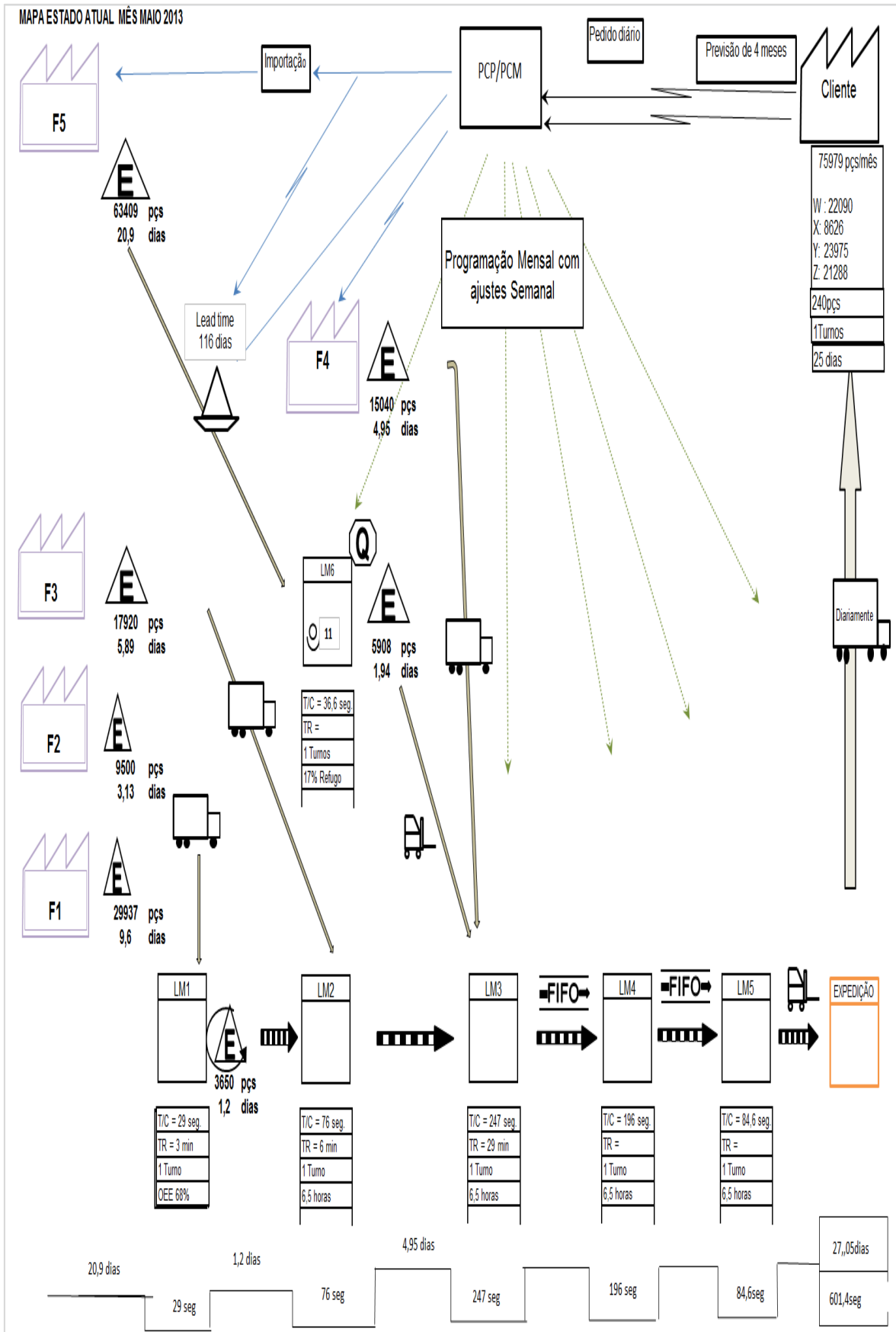


Figura 4.8. Mapeamento do fluxo de valor atual na cadeia de valor Gama
 Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4.2 Árvore da Realidade Atual

Estabelecido o *lead time* atual na cadeia de valor, a atividade principal do iTLS™ é encontrar a restrição que focaliza a maior parte do problema. Para isso é aplicada a técnica de ARA fundamentada pela TOC, que encontra os efeitos indesejáveis do resultado da cadeia de valor *Gama* e do DSA.

Por meio de entrevistas e documentações em toda a cadeia de valor *Gama*, foram percebidas algumas dificuldades que contribuem para os resultados ilustrados anteriormente. Na tabela a seguir, são apresentados os Efeitos Indesejáveis inter-relacionados e referenciados em quatro categorias conforme a cadeia de valor (Produto, Planejamento-Processo-Logística, Vendas-*Supply Chain* e Gerenciamento da cadeia de valor) que delinham de maneira sintetizada a descrição do problema na seção 4.3:

Tabela 4.4. Efeitos Indesejáveis conforme as categorias da cadeia de valor

Categoria de Produto	
E1	Alta customização
E2	Variações do produto
E3	Produtos com poucas vendas
E4	Não conformidade do produto
Categoria de Planejamento, Processo e Logística	
E5	Layout na linha não apresenta desempenho alto
E6	Movimentação excessiva (Desperdício)
E7	Pouca otimização de tempo e recursos na linha
E8	Falta de 5s
E9	Excesso de transporte de materiais (Desperdício)
E10	Layout desorganizado
E11	Baixa produtividade
E12	Aumento de hora extra
E13	Falta de treinamento dos operadores
E14	Lead time alto na linha de montagem
E15	Baixa aderência na programação da produção de entrega visualizada no DAS
E16	Falta de programação de materiais
E17	Falta de congelamento na programação
E18	Altos custos
Categoria de Vendas e <i>Supply Chain</i>	
E19	Baixa quantidade de unidades vendidas
E20	Aumento da concorrência
E21	Necessidade de diminuição do preço de venda

E22	Falta de planejamento de demanda presente e futuro
Categoria de Gerenciamento da cadeia de valor	
E23	Baixa performance da cadeia de valor
E24	Alto lead time
E25	Baixa satisfação do cliente

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme a literatura (Seção 2.1), a construção da ARA corresponde à relação entre os efeitos indesejáveis, para compreender o ambiente lógico que está sendo formulado. Após a construção completa da ARA, deve-se fazer uma leitura de todos os relacionamentos, verificando as restrições principais.

A seguir, é construída a ARA da cadeia de valor *Gama* (Figura 4.9) pelo grupo do projeto, a fim de estabelecer um *Brainstorming* em relação aos componentes no VSM atual da cadeia e relacionar os efeitos a partir da categoria de Planejamento-Processo-Logística, relacionando-os com os efeitos das outras categorias ilustradas:

- a) Se há ausência de uma programação de materiais mensal e semanal do fornecedor (E16), isso leva a uma falta de congelamento na programação dos produtos na fábrica (E17);
- b) A falta de um congelamento na programação dos produtos na fábrica (E17) e a falta de planejamento da demanda (E22) resulta em uma baixa aderência na produção de entrega visualizada no DSA (E15);
- c) O Layout na linha de montagem não apresenta um desempenho alto (E5), então a linha pode apresentar desperdícios de movimentação nas estações de trabalho (E6) e transporte de materiais (E9);
- d) Além disso, a não eficiência do desempenho do Layout na linha de montagem (E5) e o baixo programa de 5s (E8), tem como efeito um Layout não organizado (E10) e a falta de treinamento dos operadores (E13);
- e) Se a cadeia apresenta desperdícios de movimentação nas estações do trabalho (E6) ou transporte de materiais (E9) ou Layout não organizado (E10) ou ainda falta de treinamento dos operadores (E13), ocorre pouca otimização de tempo e recurso na linha de montagem (E7);

- f) Essa otimização baixa de tempo e recurso na linha de montagem (E7) e a não conformidade do processo (E4) podem resultar em um *lead time* alto (E14).
- g) Com um *lead time* alto na linha de montagem (E14) ou uma baixa aderência na produção de entrega visualizada no DSA (E15) há também uma baixa produtividade nas operações (E11).
- h) Uma baixa produtividade nas operações (E11) ou a aplicação de soluções de curto prazo para a entrega do produto (E26) afeta o *lead time* na cadeia de valor (E24);
- i) A baixa produtividade nas operações (E11) e o aumento das horas extras (E12) aumentam o custo em todas as operações (E18);
- j) O desempenho baixo do *lead time* na cadeia de valor (E24) afeta a entrega do cliente e cria uma oportunidade para a concorrência conquistar mercado (E20);
- k) Para não perder clientes além de reduzir custos (E18), a empresa Alf@ estabelece estratégias do preço de venda reduzido (E21), o que afeta a estrutura do produto (E1);
- l) Customizar o produto (E1), implica em variações dos componentes e do design do produto (E2);
- m) As variações dos componentes e o design do produto mais simplificado (E2) resulta em um produto pouco atrativo e em quantidade baixa de vendas (E19);
- n) A baixa quantidade de vendas dos produtos T, X, Y e Z (E19) conduz à baixa performance na satisfação das necessidades do cliente (E23) e à baixa performance em toda a cadeia de valor (E25).

As relações dos efeitos indesejáveis que impedem um resultado ótimo em termos de *lead time* na cadeia de valor, do indicador do DSA e da satisfação do cliente estão graficamente ilustradas no seguinte esquema:

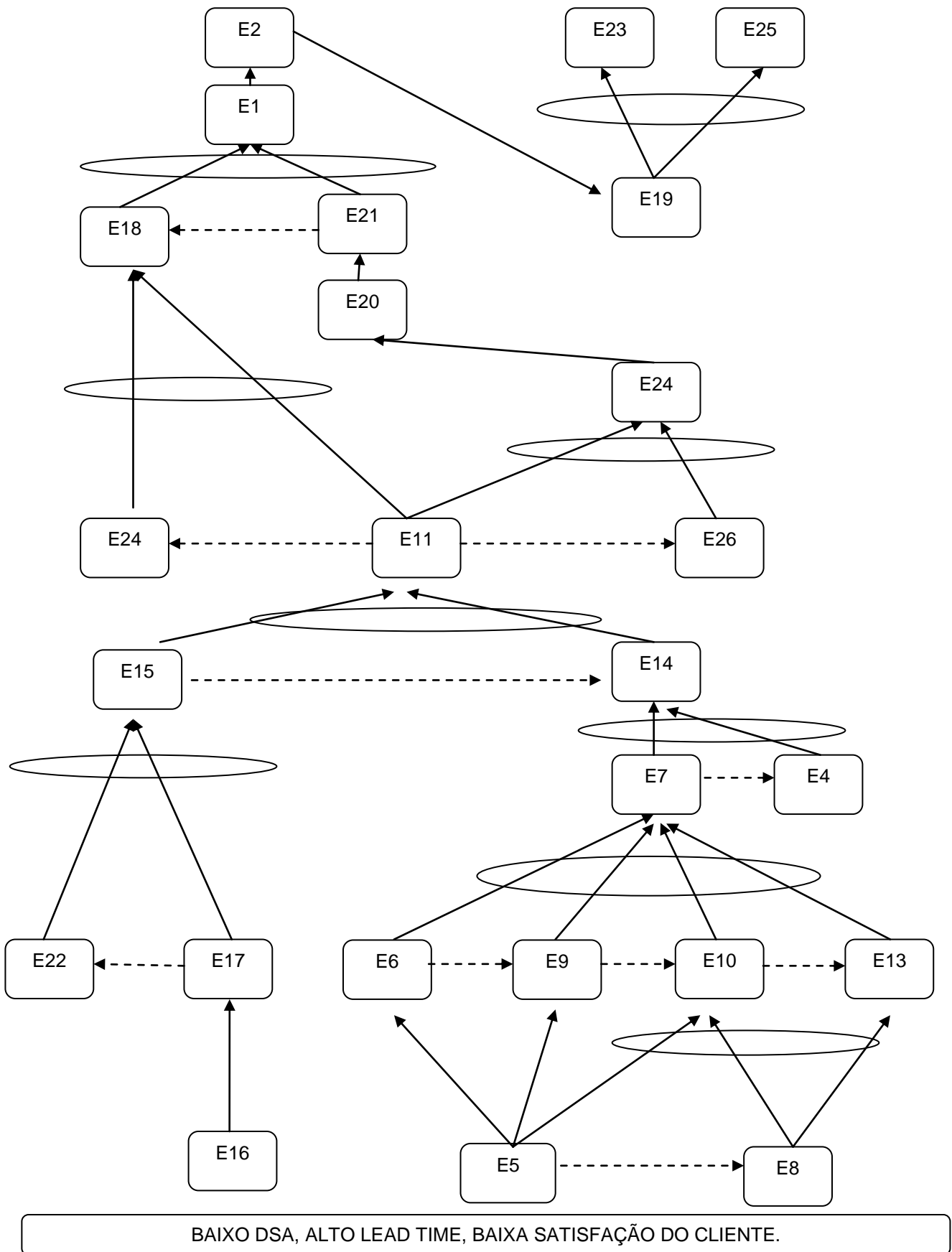


Figura 4.9 Árvore da Realidade Atual (ARA) na cadeia de Valor *Gama*
 Fonte: Elaborado pelo Autor

4.4.3 Identificação da restrição.

A partir da elaboração da ARA e a categorização dos efeitos indesejáveis na cadeia de valor (Tabela 4.4) foram identificados 25 efeitos indesejáveis, dos quais 14, que representam 56% dos efeitos totais, são originados pela categoria de Planejamento, Processo e Logística. As demais categorias ilustram quatro efeitos indesejáveis representando 16% dos efeitos totais na categoria do produto, quatro efeitos indesejáveis que representam 16% dos efeitos indesejáveis totais na categoria de vendas e três efeitos indesejáveis representando 12% dos efeitos indesejáveis totais na categoria do gerenciamento da cadeia de valor.

Conseqüentemente, a principal restrição que representa maior proporção de efeitos indesejáveis e que deve concentrar as melhorias na cadeia de valor para reduzir o *lead time* é o sistema de **Planejamento, Processo e Logística** que afeta o desempenho da **linha de montagem**.

Tipicamente a figura 4.10 apresenta o diagrama de Pareto (poucas vitais, muitas triviais) que representa a categoria da cadeia que restringe o desempenho e concebe os maiores efeitos indesejáveis. 56% dos efeitos estão na linha de montagem (causa vital) contribuem com 44% dos resultados ilustrados nas categorias triviais em Produto, Vendas & *Supply Chain* e Gerenciamento (Causas triviais).

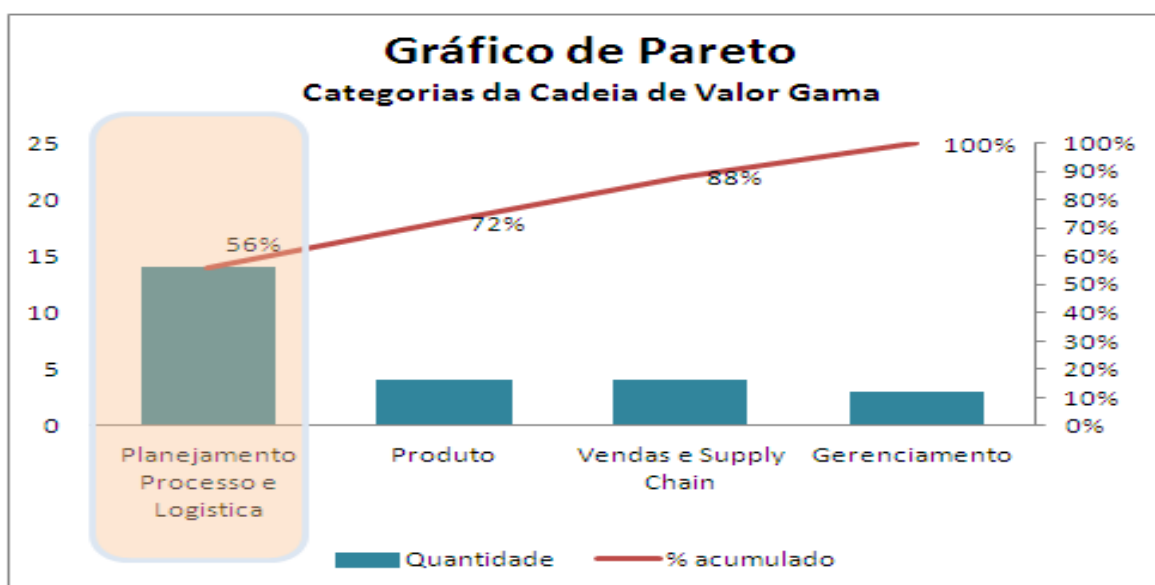


Figura 4.10. Gráfico de Pareto das categorias da Cadeia de Valor Gama
Fonte: Elaborado pelo Autor

Segundo o grau de controle dos efeitos indesejáveis (Figura 2.5), são apresentados a seguir os efeitos indesejáveis originados pela restrição principal dentro da categoria da **Área de Controle** evidenciando a viabilidade no desenvolvimento do iTLS™ dentro do cronograma estipulado.

Tabela 4.5. Efeitos indesejáveis na Área de Controle

E4	Não conformidade do produto
E5	Layout na linha não apresenta desempenho alto
E6	Movimentação excessiva (Desperdício)
E7	Pouca otimização de tempo e recursos na linha
E8	Falta de 5s
E9	Excesso de transporte de materiais (Desperdício)
E10	Layout desorganizado
E11	Baixa produtividade
E12	Aumento de hora extra
E13	Falta de treinamento dos operadores
E14	Lead time alto na linha de montagem
E15	Baixa aderência na programação da produção de entrega visualizada no DAS
E16	Falta de programação de materiais
E17	Falta de congelamento na programação

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em termos do nível sigma de qualidade, um dos efeitos indesejáveis que causam impacto é a não conformidade do processo. O nível sigma é determinado pelo NRFT (*Not Right First Time*). Esse indicador permite avaliar a eficiência da linha, isto é, a capacidade de fazer bem na primeira vez.

$$NRFT = \frac{\text{Produtos ou componentes com defeitos}}{\text{Quantidade Produzida}} \times 1.000.000,00 \text{ ppm} \quad [8]$$

Da mesma maneira do DPMO, o NRFT mede a eficiência de um processo de fabricação em termos de qualidade. Avalia se o processo é capaz de atender as especificações de qualidade. Quanto maior o valor do PPM, menos eficiente é o NRFT, logo é menor a sua produtividade.

Os parâmetros da fórmula são:

- Quantidade total produzida: representa o número total de produtos transferidos para expedição no caso de linhas de montagem ou a quantidade total de peças produzidas em uma máquina para o caso de áreas de fabricação;
- Número de produtos ou peças com defeito: representa a quantidade de peças ou produtos com algum tipo de defeito.

Para Alf@, uma peça ou produto é considerado com defeito se:

- Reprovado em testes de segurança, resultando em retrabalhos ou sucata;
- Reprovado em testes funcionais, resultando em retrabalhos ou sucata;
- Reprovado em testes visuais, resultando em retrabalhos ou sucata;
- Não está completo por falta de componentes;
- Foi retrabalhado por outros motivos;
- Foi sucateado por outros motivos;
- Foi danificado antes do armazenamento, resultando em retrabalhos ou sucata;
- Tem componentes de embalagem (EPS, etiqueta, etc.) danificados resultando em retrabalhos ou sucata.

O Apêndice I mostra a planilha de produção e não conformidade, na qual cada defeito de componente que chega à linha de montagem ou qualquer reprovação de teste após da montagem deve ser considerado como um defeito de qualidade. Sendo assim, o estudo do NRFT é aplicado para avaliar o nível Seis Sigma.

Ressaltando-se os dados históricos do DSA que elencam o problema da pesquisa pode-se observar o desempenho do NRFT na linha de montagem e sua relação com o nível Sigma. Semanalmente, os limites que especificam o processo são de 3,4 e 4000 PPM. O ideal da linha de montagem é chegar próximo a 3,4 PPM, equivalente ao nível Seis Sigma no sistema produtivo. O nível Seis Sigma e DPMO (neste caso o NRFT) é ilustrado pela figura 4.11:

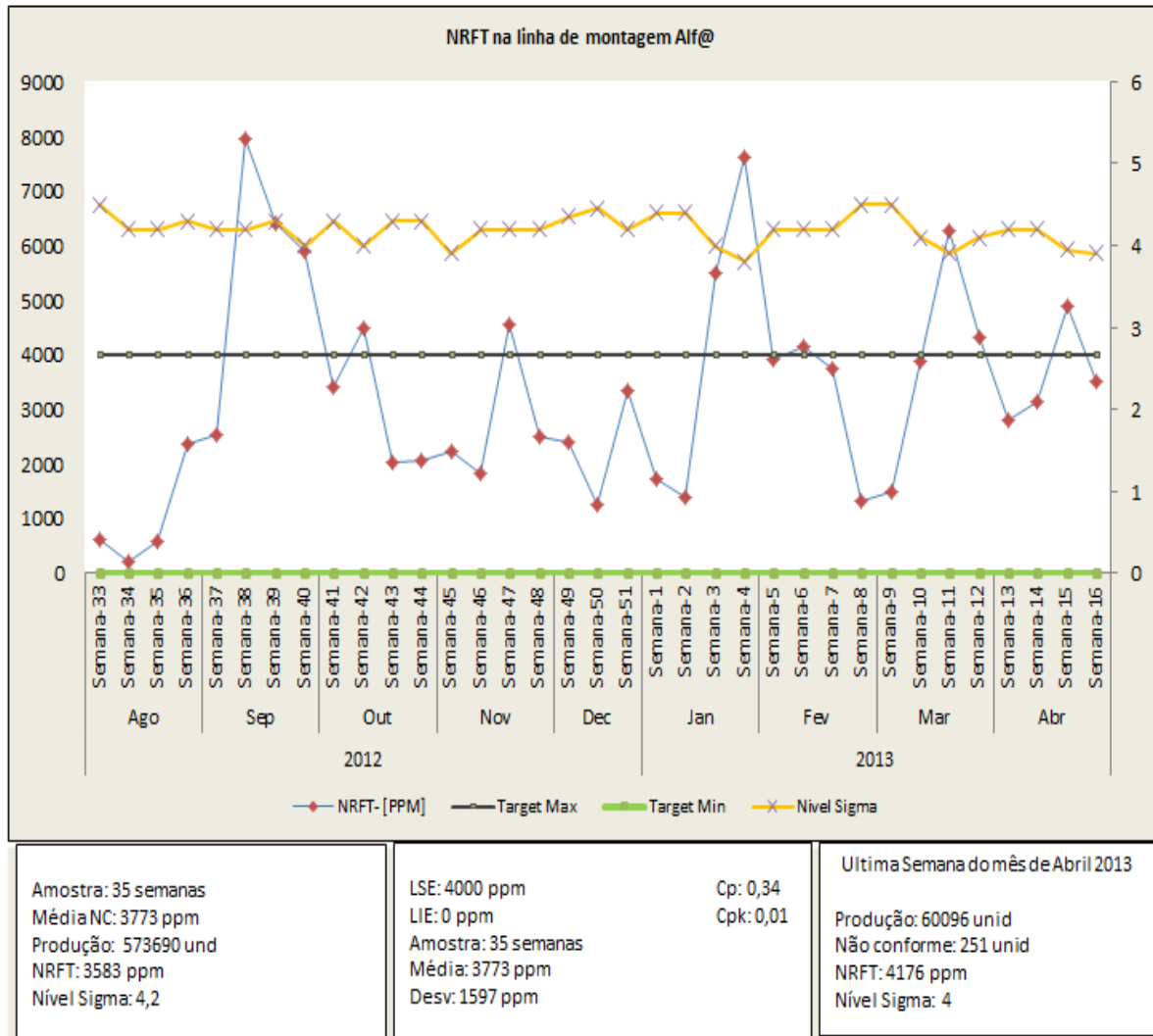


Figura 4.11. NRFT semanal da linha de montagem Alf@
Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir do resultado da figura 4.11, constata-se o nível Sigma nas 35 semanas de 4.2 Sigma (um PPM médio total de 3.583), o que evidencia a falta de consistência de qualidade no processo. Além da capacidade do processo representada em 0,41, considerado como processo inaceitável, e o índice Cpk de 0,25, indicando que o processo não está centrado. Da mesma maneira selecionando-se as semanas do mês de abril de 2013 obtém-se o nível Sigma 4.

4.4.4 Determinação de Objetivo

O cálculo do valor objetivo para reduzir o *lead time* (27,05 dias) e para aumentar o DSA a um valor igual ou maior a 90% é processado em quatro fases, que são descritas a seguir:

- 1) Cálculo da diferença entre valor médio e o valor de referência.

$$Diferença = Valor\ Médio - Valor\ de\ Referência \quad [9]$$

O valor médio correspondente à situação atual é a média acumulada das 35 semanas de estudo. Nesse caso a média do DSA é de 70,1%. A razão pela qual foram tomadas as 35 semanas foi para comparar com as próximas 35 semanas correspondentes, a partir do mês de maio de 2013 até janeiro de 2014, tempo de duração do projeto.

O valor de referência corresponde ao valor máximo entre todos os resultados do DSA do período da coleta de dados históricos. Na figura 4.6 está ilustrado o DSA máximo que corresponde à semana 12 do mês de março de 2013 e tem valor de 99,6%. A diferença dos valores é de 29,5%.

- 2) Cálculo do objetivo

No caso aplicado, o valor objetivo do DSA semanal está entre 90% e 100%.

- 3) Porcentagem de aumento

A partir do valor médio calculado de 70,1% e do valor objetivo de 90% do DSA, o percentual de aumento é proporcionado pela seguinte equação:

$$\% \text{ Aumento} = \left[\frac{Valor\ Médio - Valor\ Objetivo}{Valor\ Médio} \right] \times 100 \quad [10]$$

Em análise o aumento é de 28%.

4) Descrição do objetivo

O objetivo desse projeto é de reduzir o *lead time* da cadeia de valor *Gama*, aumentando constantemente o DSA da cadeia de valor em 28% até janeiro de 2014.

4.4.5 Project Charter

O Project Charter apresenta todo o escopo do projeto para melhorar a cadeia de valor e contém todas as informações necessárias para a implementação do iTLS™.

PROJETO iTLS - Project Charter		
Título	Prazo	
Reduzir o <i>Lead Time</i> na Cadeia de Valor <i>Gama</i> no longo prazo	Longo	
Área	Sponsor	Prazo
Melhoria Contínua	Carlos Navarro Mercado	31/01/2014
Declaração do problema		
<p>A empresa Alf@ pela sua cadeia <i>Gama</i> vem apresentando altos índices de atrasos de seus produtos para os clientes, o que tem gerado insatisfação a seus clientes e prejuízos á empresa no mercado de acordo á suas concorrências. O índice de atraso de entrega junto com a satisfação do cliente por chegar no tempo certo, é medido pelo DSA (Aderência da Programação de entrega) na qual o valor mínimo estabelecido pela empresa é de 90% semanalmente.</p> <p>Desde o mês de agosto, o DSA esta abaixo de 90% semanalmente na qual quantitativamente pode-se apreciar a <i>performance</i> da cadeia de valor.</p>		
Meta	Áreas de suporte	
Reduzir o <i>Lead Time</i> na Cadeia de Valor <i>Gama</i> em longo prazo, aumentando o DSA em 28% e atingir no mínimo 90% semanalmente até 31/01/2014	Supply Chain, Comercial, Qualidade, Processos, Logística, Produção, PCM, Compras	
Ganhos resultantes do projeto	Âmbito e restrições	
A empresa reduzirá o risco de atraso na entrega de produtos a seus clientes, evitando perda de vendas e multas contratuais, bem como o custo médio dos produtos será reduzido pela redução dos retrabalhos, melhorando sua margem de lucro.	Deverão ser considerados no projeto todos os modelos fabricados na linha de montagem da cadeia de valor <i>Gama</i> .	
Cronograma		
<p>1- Identificar e Focar: maio - junho 2013; 2- Explorar a Restrição: julho 2013; 3- Eliminar Fontes de Desperdícios: agosto - outubro 2013; 4- Controlar Variação: novembro 2013</p> <p>5- Controlar atividades de suporte: novembro 2013; 6 - Remover restrição e estabilizar: Dezembro 2013; 7 - Reavaliar o Sistema: janeiro 2014</p>		

Figura 4.12. *Project Charter* da aplicação do iTLS™

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5 Etapa 2 - Explorar a Restrição

Após a identificação da restrição na cadeia de valor, foi analisado o método utilizado para explorar a restrição. Na aplicação dessa etapa, são sugeridos ferramentas do *Lean*, com a finalidade de analisar as atividades que agregam valor ou não da perspectiva do cliente interno e externo.

A exploração da restrição desse estudo é constituída por três fases de abordagem

- a) Especificação do valor WCE da Cadeia de Valor *Gama*;
- b) Análise de valor da restrição;
- c) Injeção de melhoria.

4.5.1 Especificação do valor WCE da Cadeia de Valor *Gama*

De acordo com a Equação 2 (Página 22) , a relação do WCE é representada pela relação das atividades que agregam valor ao cliente e o lead time total da cadeia. A figura 4.8 e a tabela 4.3 mostram os valores dos parâmetros mencionados. Por conseguinte o WCE é determinado da seguinte maneira:

$$WCE = \frac{(601,4 \text{ segundos}) / (86400 \text{ segundos / dias})}{27.05 \text{ dias}} \times 100\% = 0,026\%$$

O resultado de 0,026% representa a proporção de atividades que agregam valor do ponto de vista do cliente em toda a cadeia de valor. Unicamente as atividades relacionadas à transformação de matéria prima em produto são consideradas atividades AV. Portanto, as atividades da linha de montagem são representadas como AV, o restante, que é quantificado em 99,97%, é avaliado como NAV, W e oportunidades de melhoria para reduzir o *lead time* em toda a cadeia.

4.5.2 Análise de valor da restrição

Nesse caso a linha de montagem, como restrição da cadeia, é analisada de forma detalhada, levando em conta seus tipos de atividades e a relação que possa apresentar e causar com as demais áreas em NAV e W, de acordo com sua divisão por grupos (Seção 4.2, item e). Uma ferramenta essencial que distingue as atividades do processo e ao mesmo tempo avalia a *performance* conforme o *Takt Time* é o Balanceamento de Linha.

Segundo Martins e Laugeni (2001), o Balanceamento de Linha equilibra os tempos de ciclo dos postos ou estações de trabalho com o *Takt Time* do cliente. Sendo assim, os benefícios em balancear a linha da cadeia de valor *Gama* são baseados no desempenho de entrega pelo DSA e no custo pela redução de desperdício.

Para analisar o valor da restrição conforme o balanceamento de linha são construídos quatro passos de implantação: cálculo de *Takt Time*, filmagem e cronoanálise dos postos de trabalho e documentação de atividades, Resultado inicial do balanceamento atual e Identificação das atividades AV, NAV e W no balanceamento de linha.

1) *Takt Time* da linha de montagem

Uma gestão estável, conforme os fundamentos do *Lean*, ocorre quando se consegue produzir e entregar ao cliente de acordo com o planejado e isso pode ser visualizado no DSA. Primeiramente é calculado o *Takt Time*, a fim de se determinar os recursos necessários para produzir com o menor desperdício possível, garantindo a qualidade e sem afetar a segurança.

Para o balanceamento de linha é avaliado o produto com maior demanda. O modelo Y é o produto referência no estudo da distribuição e equilíbrio dos postos de trabalho por possuir maior demanda. Para as informações relacionadas ao *Takt Time*, são consideradas as referências das tabelas 4.1 e 4.2. Dessa forma o *Takt Time* visualizado na linha de montagem é de 24 segundos, em outras palavras, a cada 24 segundos um produto deve ser fabricado, conforme a necessidade do cliente.

Tabela 4.6. Cálculo do *Takt Time*.

Demanda do cliente produto Y (unid)	23975
Dias trabalhados no mês	25
Demanda diária do produto Y (unid)	959
Turnos	1
Horas no turno	6,5
Produção horaria (unid)	148
<i>Takt Time</i> (segundos)	24

Fonte: Elaborado pelo Autor

2) Filmagem e cronoanálise e documentação dos postos de trabalho

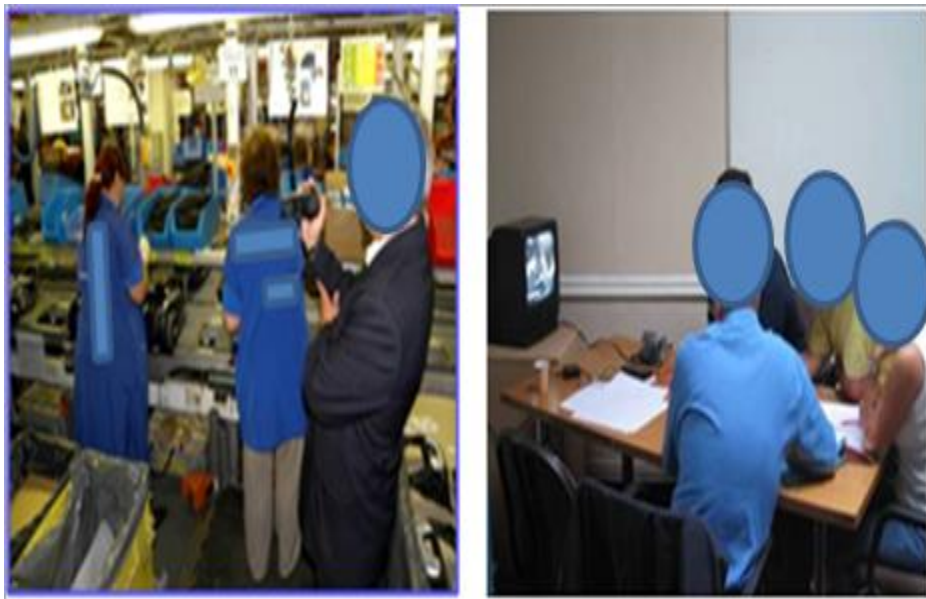


Figura 4.13. Filmagem e identificação dos tempos de trabalho

Fonte: Elaborado pelo Autor

O estudo do tempo na linha de montagem é uma premissa básica na determinação do balanceamento e determina o tempo que um operador, trabalhando em ritmo normal, gasta na execução de sua tarefa. O responsável pela análise de tempos pode determinar o tempo através da cronoanálise e estabelecer o tempo de ciclo. Uma técnica que pode complementar o estudo é a filmagem.

Os benefícios da filmagem das operações de um determinado posto de trabalho são diversos, tais como: capturar de maneira representativa o tempo de ciclo do processo, identificar posteriormente as atividades AV, NAV e W, apontar as oportunidades de melhoria em termos de qualidade, custo, entrega, etc. (Figura 4.13).

O último passo dessa fase é a documentação, principal ferramenta de registro de atividades, e comparação com resultados, com a finalidade de ser elemento de padronização de melhoria.

Cada posto de trabalho apresenta uma planilha de dados, nos quais estão contidos o tempo de ciclo (como a média de 10 amostras de tempo) e suas atividades dentro do posto de trabalho (Figura 4.14)

Linha/Time	Posto Observado	Data	Nome da Operação:									
Gama	1	Hora	Solda do Tanque									
Planilha de Coleta de Dados			Modelo:									
			Y									
			Takt Time:									
			24 Segundos									
Nr.	Descrição do Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Task Time
1	Ir até o aramado.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
2	Pegar três tanques.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,46
3	Levar os tanques até a máquina de solda.	1,33	1,33	1,33	0,66	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00	1,33	1,03
4	Identificar os tanques já soldados da máquina com caneta.	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,30
5	Retirar tanques da máquina de solda.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,55
6	Levar ate a caixa	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,56
7	Disponibilizar tanques na caixa próximo ao teste de estanqueidade.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
8	Retornar para a máquina de solda.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
9	Abastecer berços da	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,20
10	acionar vacuo.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
11	Pegar três bases do tanque na caixa.	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
12	Abastecer a máquina de solda com as três bases do tanque.	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,50
13	Acionar máquina de solda até o fechamento da porta de segurança.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
14	Trocar a caixa vazia das bases do tanque por uma caixa cheia.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
15	Abrir o plástico da caixa.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
16	Fechar aramado dos tanques.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
17	Buscar paleteira e retornar.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
18	Posicionar paleteira no aramado e erguer aramado vazio.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
19	Trocar aramado vazio por aramado cheio.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
20	Posicionar aramado cheio no posto.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
21	Retornar para o posto.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
22	Abrir aramado cheio.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total		13,31	12,31	12,31	12,97	11,97	11,47	14,64	13,14	13,14	13,97	12,92

Figura 4.14. Registro de tempo de Ciclo do posto No 1.
Fonte: Elaborado pelo Autor

Os 33 postos de trabalho, divididos pelos grupos de operações (Seção 4.2, item e) são identificados por suas principais atividades e tempos de ciclo, os quais posteriormente são balanceados conforme o *Takt Time*.

3) Resultado inicial do balanceamento de linha atual

Uma vez registrados todos os 33 postos, conforme a figura 4.14, os tempos de ciclo e o *Takt Time* são ilustrados de forma gráfica (Figura 4.15). Uma forma prática de representar o balanceamento de linha no conceito *Lean* através do iTLS™ é o GBO (Gráfico de Balanceamento do Operador), desenvolvido pela Toyota para envolver o trabalho dos operadores nos processos de distribuição de tarefas.

O GBO é a ferramenta usada para determinar as tarefas que cada um dos operadores deverá absorver na montagem do produto o mais próximo possível da linha do *Takt Time* (LIKER, 2005).

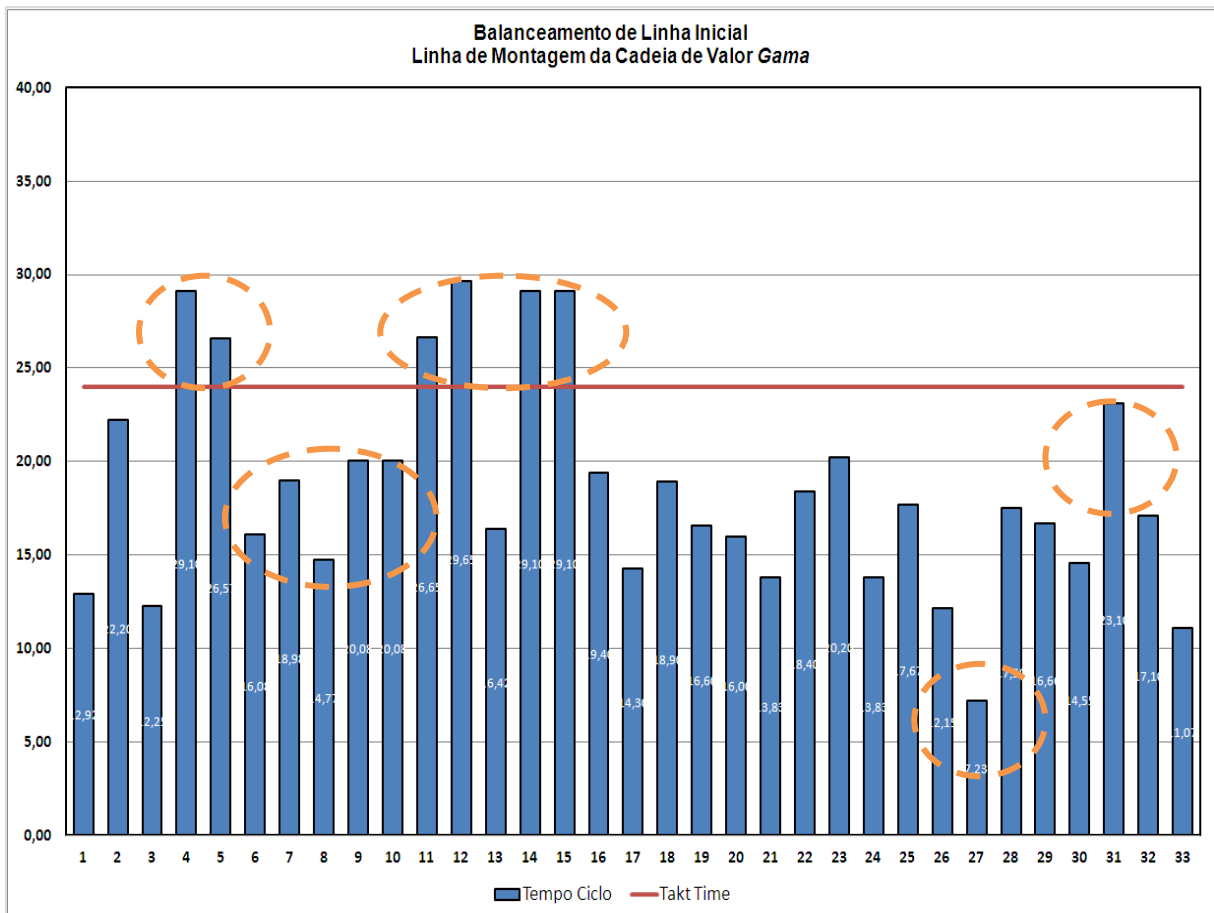


Figura 4.15. Gráfico Balanceamento Inicial na linha de montagem
Fonte: Elaborado pelo Autor

A figura 4.15 mostra em um eixo o tempo (em segundos) e no outro eixo o número de operadores ou postos de trabalho. Sendo assim, uma vez apresentado o gráfico inicial do balanceamento de linha da cadeia de valor *Gama* são exibidos os dados quantitativos através da seguinte tabela:

Tabela 4.7. Capacidade estatística inicial

Média (Unid)	18,56
Desvio Padrão (Unid)	5,72
Mediana (Unid)	17,5
Mínimo (Unid)	7,23
Máximo (Unid)	29,65
Postos	33
Takt time (Seg)	24

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme a figura 4.15 e a tabela 4.7, é possível concluir de maneira estatística a evidência de como os postos de trabalho estão desbalanceados em relação ao *Takt Time*. Mesmo que a mediana e a média de tempos estejam aproximados, a mediana indica que 50% dos tempos estão entre 7,23 segundos e 17,50 segundos e 50% dos tempos maiores entre 17,50 e 29,65. Além disso, todas as etapas dos postos de trabalho e sua capacidade da linha de montagem são limitadas pelos postos gargalos ou restritivos.

Nesse caso existem alguns postos gargalos que apresentam ainda menores e maiores tempos de ciclo (Identificados pelas demarcações de cor laranja). Em média os postos de trabalho variam negativa e positivamente em 5,72 segundos.

Outra forma de quantificar o resultado inicial do balanceamento de linha é pelos seus indicadores. Para Slack *et al.*,(2009) existem três tipos de indicadores: Índice de Distribuição de Linha (LBR), Índice de Capacidade de Linha (LAE) e Mão de Obra Ótima (M.O).

O LBR descreve o quão uniforme o trabalho está distribuído entre as operações na linha de montagem. O LAE determina a capacidade da linha atual com relação à capacidade necessária exposta pelo *Takt Time* e pelos postos de trabalho. Se o LAE é inferior a 100%, é interpretado como um excesso de capacidade (Excesso de postos de trabalho), em comparação com um LAE acima de 100%, que determina falta de capacidade (Falta de posto de trabalho). Por último, o M.O indica a quantidade de operadores que podem ser considerados para montar uma

quantidade requerida dentro do tempo *Takt*. Os três indicadores são representados pelas seguintes equações:

$$LBR = \frac{\sum TC}{(N * TCM)} \quad [11]$$

$$LAE = \frac{\sum TC}{(N * Takt Time)} \quad [12]$$

$$M.O = \frac{\sum TC}{Takt Time} \quad [13]$$

Sendo que:

- $\sum TC$: Somatório dos tempos de ciclo;
- N: Número de postos de trabalho;
- TCM: Tempo de ciclo maior na linha de montagem.

Na seguinte tabela são apresentados os resultados quantitativos iniciais de acordo com as definições do LBR, LAE e M.O:

Tabela 4.8. Resultados quantitativos LBR, LAE e M.O inicial

$\sum TC$ (Seg.)	601,43
LBR %	63
LAE %	77
M.O (Unid.)	26

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme a tabela 4.8, o valor do LBR de 63% indica que há uma perda de ociosidade de 37%. Portanto existem alguns postos de trabalho que estão superiores e inferiores à média padrão dos tempos de ciclo. Em relação ao LAE e M.O, existe uma semelhança forte em termos de balanceamento. Os 77% de LAE indicam que a linha apresenta um excesso de capacidade nos postos de trabalho. Na linha de montagem apenas 26 operadores já seriam uma quantidade ótima nas operações, contra os 33 operadores que trabalham atualmente nesse posto. Um ótimo balanceamento de linha é conseguido quando todos os postos de trabalho executam o mesmo ou aproximadamente o mesmo tempo de ciclo, o que evidencia

um LBR próximo a 100%, de igual maneira com o LAE reduzindo alguns postos de trabalho já que os tempos são muitos inferiores à média e ao *Takt*.

Para que se atinja o balanceamento, devem ser identificadas as atividades AV, NAV e W que fazem com que a linha não apresente um excelente resultado para o DSA, com a finalidade de reduzir os 37% de ociosidade, elevar os gargalos da linha de montagem e posteriormente reduzir postos desnecessários.

4) Identificação das atividades AV, NAV e W no balanceamento de linha.

De acordo com o balanceamento de linha inicial, as diferenças no tempo de ciclo devem ser caracterizadas pelo conceito *Lean*. Conforme a figura 2.7, percebe-se os conceitos de atividades nas operações, portanto as atividades no processo e a sua relação com AV, NAV e W na linha de montagem são distinguidas quando são filmadas todas as ações (Tabela 4.9).

Tabela 4.9. Classificação de atividades no processo.

ATIVIDADES NO PROCESSO		
Valor Agregado	Valor não agregado	Desperdícios
Cortar	Contar	Acumular
Dobrar	Embalagem	Atrasar
Encaixar	Empilhar	Caminhar
Fixar	Estregar	Devolver
Furar	Girar	Esperar
Identificar produto	Inspeccionar	Gerar sobras
Montar	Limpar	Levantar
Parafusar	Manusear	Movimentar
Pintar	Martelar	Parar
Soldar	Medir	Posicionar
Tratar	Organizar	Procurar
	Pegar	Recarregar
	Posicionar	Retrabalhar
	Pressionar	Seleccionar
	Puxar	Separar
	Remover	Soltar
	Repetir	Trabsferir
	Segurar	Transportar
	Testar	
	Troca ferramenta	

Fonte: Elaborado pelo Autor

Desta forma, todos os registros das atividades e tempos por postos são identificados e divididos pelas atividades AV, NAV e W, como é ilustrado a seguir:

Linha/Time	Posto Observado	Data	04/07/2013	Nome da Operação:										Tempo Total do Posto (segundos)			Observações		
Gama	1	Hora	09h40	Solda do Tanque										12,92					
Planilha de Coleta de Dados				Modelo:										Y			Value Added	0,00	0%
				Takt Time:										24 Segundos			Non Value Added	10,62	82%
				Total			12,923	100,0%											
Nr.	Descrição do Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Task Time	VA	NVA	W	Observações			
1	Ir até o aramado.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			0,33				
2	Pegar três tanques.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,46		0,46					
3	Levar os tanques até a máquina de solda.	1,33	1,33	1,33	0,66	0,66	0,66	1,00	1,00	1,00	1,33	1,03			1,03				
4	Identificar os tanques já soldados da máquina com caneta.	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,30		1,30					
5	Retirar tanques da máquina de solda.	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,55		0,55					
6	Levar ate a caixa	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,56			0,56				
7	Disponibilizar tanques na caixa próximo ao teste de estanqueidade.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33					
8	Retornar para a máquina de solda.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			0,33				
9	Abastecer berços da máquina de solda.	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,20		3,20					
10	acionar vacuo.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		0,33					
11	Pegar três bases do tanque na caixa.	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66		0,66					
12	Abastecer a máquina de solda com as três bases do tanque.	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,50		2,50					
13	Acionar máquina de solda até o fechamento da porta de segurança.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00					
14	Trocar a caixa vazia das bases do tanque por uma caixa cheia.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06		0,06					
15	Abrir o plástico da caixa.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03		0,03					
16	Fechar aramado dos tanques.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		0,05					
17	Buscar paleteira e retornar.	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04			0,04				
18	Posicionar paleteira no aramado e erguer aramado vazio.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		0,02					
19	Trocar aramado vazio por aramado cheio.	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10		0,10					
20	Posicionar aramado cheio no posto.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		0,02					
21	Retornar para o posto.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01				
22	Abrir aramado cheio.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01					
Total		13,31	12,31	12,31	12,97	11,97	11,47	14,64	13,14	13,14	13,97	12,92	0,00	10,62	2,30				

Figura 4.16. Registro iniciais de tempo de Ciclo e classificação do posto No 1
Fonte: Elaborado pelo Autor

Dessa mesma forma, pode ser ilustrado o balanceamento de linha inicial oferecido na figura 4.15, mas com os tipos de atividades do conceito *Lean*, para quantificar a proporção de atividades que podem ser eliminadas e aumentar sua eficiência em termos de DSA:

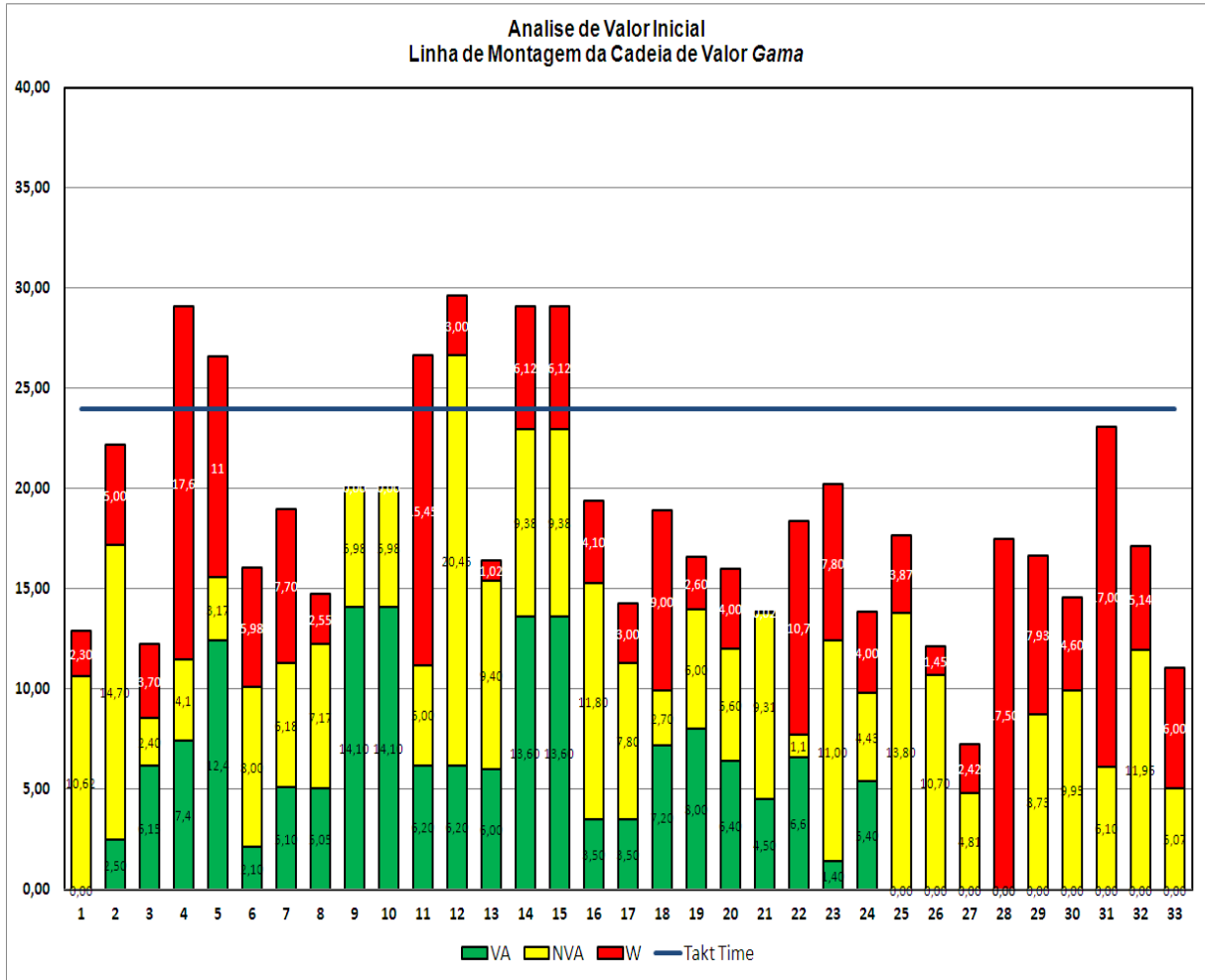


Figura 4.17. Gráfico Balanceamento Inicial conforme AV, NAV e W
Fonte: Elaborado pelo Autor

De uma maneira geral, de acordo com o total do tempo de ciclo (612,43 segundos), o tempo total de atividades AV é de 161 segundos, representando um índice de 26,29%. Igualmente, as atividades NAV totalizam 252,76 segundos, representando 41,27%. Por último, as atividades desnecessárias W, tem um total de 198,67 segundos, em uma proporção de 32,44% do tempo de ciclo.

As proporções de NAV e W mostram o tempo desperdiçado pelos operadores em virtude de as embalagens serem disponibilizadas pelo fornecedor independentemente do tamanho e colocados no espaço de linha verde ilustrado na figura 4.3, gerando diversas atividades alheias à operação de montagem, como abrir caixa de matéria prima, tirar plástico, enviar lixo de processo à reciclagem, caminhar até o novo aramado de peças, entre outros, e que geram um tempo de ciclo maior do *Takt*. Isso ocorre, por exemplo, nos postos 4,5,11,12,14 e 15. Nos postos dos grupos LM4 e LM5 fica evidente o tempo desnecessário, em especial no posto 28,

que apresenta 100% de W e afeta o indicador NRFT. Este é um posto que claramente deve ser eliminado e além disso o NRFT da linha de montagem deve ser controlado.

4.5.3 Injeção de melhoria

Para reduzir e eliminar as atividades NAV e W é claramente evidente que se deve focar na disponibilização de matéria prima na linha de montagem. Para manter as atividades AV sem NAV e W, os operadores dos postos devem receber a matéria prima de forma que não se movimentem ou realizem outras atividades diferentes da montagem. Conforme a figura 2,20, Pirasteh e Fox (2010) recomendam, na segunda etapa, metodologias para avaliar as maneiras de eliminar a restrição realizando gestão nos recursos não restritivos. Contudo, os autores não estabelecem uma ferramenta exata para aplicá-las.

A equipe do projeto decidiu aplicar Injeções de Melhorias focando nas restrições. O conceito **Injeção de Melhoria** faz referência aos conceitos da TOC estabelecendo o enfoque adotado em busca de solução efetiva para a eliminação da restrição identificada. A dificuldade em se encontrar uma solução efetiva na linha de montagem que satisfaça de forma plena a organização, pode levar a possíveis soluções conciliatórias, nas quais se busca satisfazer de forma parcial, porém em alguns casos essa resolução pode gerar uma insatisfação geral.

Para aplicar metodologias do *Lean* na redução de desperdícios e satisfazer todos os envolvidos, é proposta pela equipe uma ferramenta integrada com a TOC de modo a identificar o conflito de algumas propostas de melhoria. O DDN é a ferramenta utilizada para identificar a injeção da melhoria dentro do balanceamento da linha de montagem.

Na Figura 2.6 é apresentado o DDN. O primeiro passo na construção do DDN é a definição do objetivo a ser atingido. No caso em análise, o objetivo de se eliminar a restrição é reduzir as atividades NAV e eliminar as atividades W nos postos de trabalho na linha de montagem para um balanceamento de linha eficiente e atingir o DSA.

A partir do objetivo estabelecido, é construída pela equipe do projeto a Nuvem do diagrama, que ilustra os requisitos e conflitos, conforme figura 4.18:

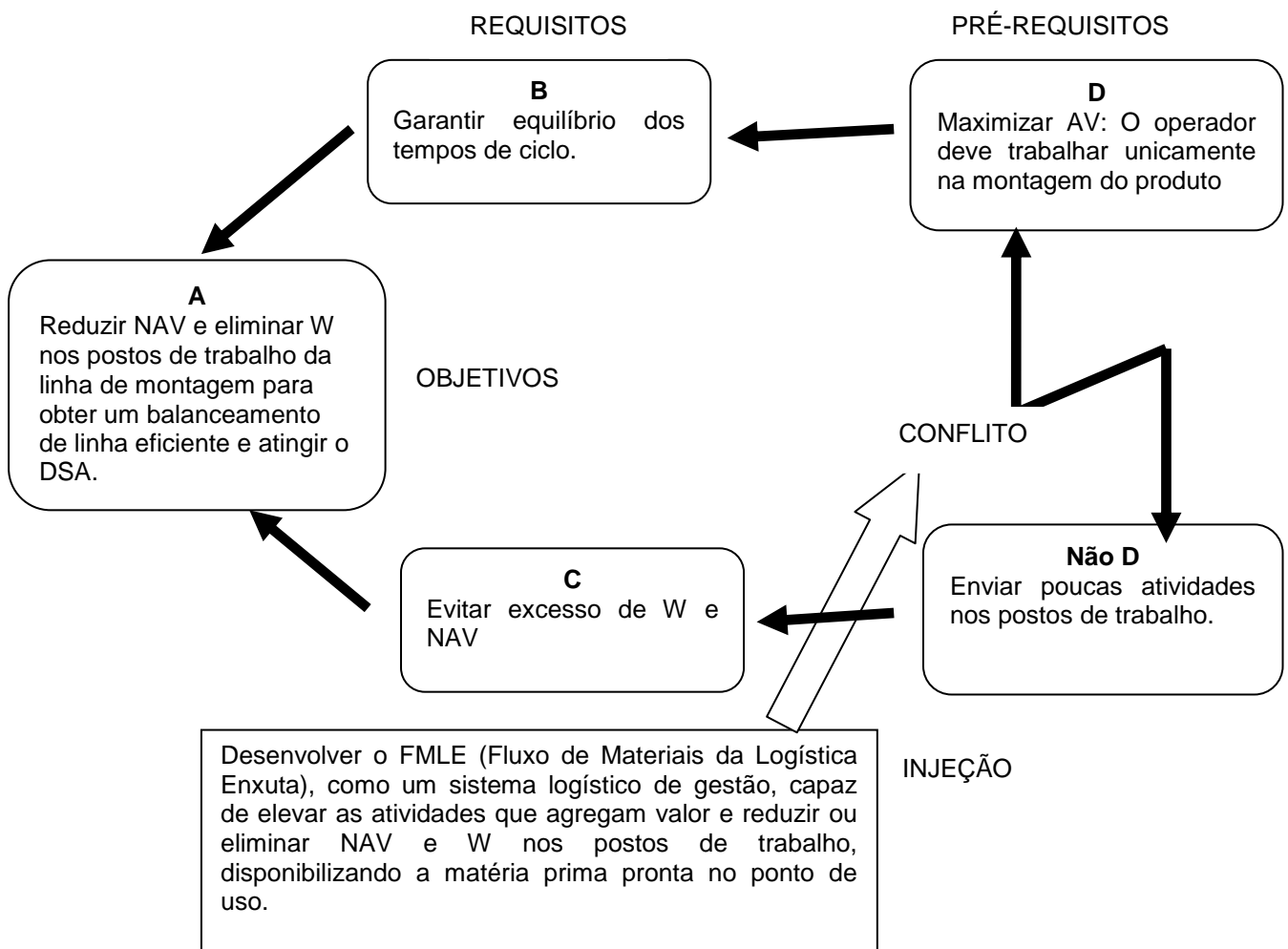


Figura 4.18. Ilustração do DDN na eliminação da Restrição
Fonte: Elaborado pelo Autor

A nuvem construída acima é lida da seguinte forma:

- Para “Reduzir NAV, eliminar W nos postos de trabalho na linha de montagem, obter um balanceamento de linha eficiente e atingir o DSA” (Objetivo A), É PRECISO “Garantir o equilíbrio dos tempos de ciclo” (Requisito B);
- Para “Reduzir NAV e eliminar W nos postos de trabalho na linha de montagem, obter um balanceamento de linha eficiente e atingir o DSA” (Objetivo A), É PRECISO “Evitar excesso de W e NAV” (Requisito C).

Essas duas condições são necessárias e devem ser atingidas de forma simultânea para que o objetivo seja alcançado. São os seguintes os pré-requisitos que devem ser atendidos para se alcançar os requisitos anteriormente mencionados:

- Para “Garantir o equilíbrio dos tempos de ciclo” (Requisito B) É PRECISO “Maximizar AV: O operador deve trabalhar unicamente na montagem do produto” (Pré-requisito D)
- Para “Garantir o equilíbrio dos tempos de ciclo” (Requisito B) É PRECISO “Enviar poucas atividades aos postos de trabalho” (Pré-requisito não D).

Dessa forma, o conflito é originado na medida em que as condições para atingir o objetivo se contrapõem de forma explícita. Portanto, nesse caso o conflito no DDN é explicitado da seguinte forma: “Maximizar AV: O operador deve trabalhar unicamente na montagem do produto” é mutuamente excludente a “Enviar poucas atividades nos postos de trabalho”.

Uma solução conciliatória pode ser a criação de um sistema logístico de abastecimento de linha que disponibilize as matérias primas que o operador realmente precise e a não realização de atividades estranhas à montagem, destacando o conceito de JIT, que evita que atividades que não agreguem valor ao cliente apareçam no momento.

Considerando-se esse princípio, a injeção que se encarrega de dissipar a nuvem é definida como: **Desenvolver o FMLE (Fluxo de Materiais da Logística Enxuta), como um sistema logístico de gestão, capaz de elevar as atividades que agregam valor e reduzir ou eliminar NAV e W nos postos de trabalho, disponibilizando a matéria prima pronta no ponto de uso.**

É importante destacar que o FMLE não é uma ferramenta estipulada pelo Pirasteh e Fox (2010) na ilustração do iTLSTM. O FMLE é aplicado neste projeto pela necessidade e adaptação de uma situação real, indicando como uma forma de eliminar fontes de desperdícios.

4.6 Etapa 3 - Eliminar Fontes de Desperdícios

Nessa etapa são utilizadas as ferramentas do *Lean*, principalmente, com suporte de outras ferramentas como a TOC e o Seis Sigma para identificar outras maneiras de aumentar ainda mais o rendimento e reduzir as despesas operacionais, inventários e investimentos. Sendo assim, são desenvolvidas quatro fases:

- Conceito FMLE;
- Análise atual;
- Desenvolvimento do FMLE na linha de montagem;
- Resultados da terceira etapa;

4.6.1 Conceito FMLE

O FMLE é conceito logístico que estabelece uma visão enxuta para descrever um sistema em fluxo contínuo, no qual o envio de peças e devoluções é realizado de forma unitária, reabastecendo as peças na linha de montagem, fazendo fluir os materiais (HARRIS *et al.*, 2008).

De acordo com Liker (2005), as peças corretas são dispostas em uma caixa padronizada pelo abastecedor da logística e disponibilizadas na linha de montagem, de tal forma que os operadores podem focalizar a qualidade na montagem do produto, isto é, concentram-se nas atividades que agregam valor.



Figura 4.19. Conceito Cirurgião em uma célula de montagem
Fonte: Liker (2005)

De forma análoga à medicina, os operadores são considerados como os médicos cirurgiões, que só recebem os materiais prontos em suas mãos e se concentram unicamente no paciente, no caso o produto. Por conseguinte, o papel de abastecer o “cirurgião” com os materiais necessários é atividade da logística. Na figura 4.19 é apresentada uma célula como exposta por Liker (2005). Note-se que toda a matéria prima necessária está localizada ao redor do operador.

Para Harris *et al.* (2008), as etapas da implementação do FMLE são: construção do PPCP (Plano para cada peça), criação de mercado de embalagem das peças dos fornecedores externos, planejamento das rotas de entrega e sustentabilidade da melhoria.

- Plano para cada peça (PPCP): Nessa etapa, deve ser criado um banco de dados que contenha as informações para que cada peça seja controlada da doca do recebimento ao seu ponto de uso. Decorrente disso, o PPCP é desenhado com suporte de um documento que deve conter todos os dados do material, por exemplo: código, descrição, consumo diário, local, frequência de pedido, fornecedor e sua localização, peso de embalagem, tipo e dimensões da embalagem.
- Mercado de peças. O mercado é um local de estoque que funciona de acordo com a necessidade de material na produção. Harris *et al.*, (2008) sugerem que seja definido um local que minimize a movimentação dos operadores e o transporte dos produtos, procedimento de retirada e abastecimento, níveis de estoque de cada peça, quantidade de embalagem, sistema de endereços.
- Criação de rota de entrega e sistema de gerenciamento de informações. Harris *et al.*, (2008) sugerem que as rotas de movimentação tenham um intervalo fixo de 1 hora para a coleta de cartões *Kanban*. Algumas fases devem ser implantadas como: definir os meios de transporte para a movimentação, criar as rotas de entrega e a sua distribuição, identificar as ruas e os trajetos para que sejam definidos os pontos de parada e de entrega de material.

- Sustentabilidade. A fim de se manter e controlar os desperdícios eliminados, todo o sistema deve ser auditado em três áreas: mercado de peças, rotas de entrega e sinalização.

4.6.2 Análise atual

Antes da implantação do FMLE, os materiais são disponibilizados na linha de montagem da mesma forma que o fornecedor externo realiza o envio para a fábrica, conforme ilustrado na seguinte figura:



Figura 4.20. Aramados disponibilizados na linha de montagem
Fonte: Elaborado pelo Autor

Para isso, todos os desperdícios de deslocamento (Autoabastecimento), manuseio de materiais (abrir caixa, retirar peças), espera (organização nos postos), movimentação (troca de *pallets*) nos postos de trabalho, são eliminados pelo FMLE, garantindo-se assim a qualidade do processo (chegada de peças em conformidade), com a finalidade de reduzir o NRFT e aproximar o nível Sigma a 6.

Ao mesmo tempo são analisados alguns aspectos do abastecimento de material e a forma de utilização nos postos de trabalho. Quando existe uma parada na produção por alguma quebra de equipamento na linha de montagem, o tempo desperdiçado precisa ser compensado, aumentando a velocidade da produção.

Algumas embalagens são de difícil manuseio no ponto de uso por causa de seu peso, caracterizando uma dificuldade ergonômica do operador.

Os corredores em torno da linha de montagem são estreitos, fato que torna as passagens perigosas, aumentando a probabilidade de acidentes por movimentação de empilhadeiras ou rebocadores.

O transbordo do rebocador para a disponibilização de peças até o ponto de uso é necessário para peças de maior dimensão. No entanto não há uma definição do responsável pela atividade. Geralmente, o operador é o responsável pelo transbordo gerando tempo de W e NAV conforme o tempo de operação da montagem do produto.

As quantidades de estoque no ponto de uso determinam a variação no tempo de resposta do abastecimento por vários motivos, tais como espera por outras peças, velocidade variável do trajeto, entre outros. Esses motivos fazem com que o material seja abastecido antes ou depois do uso da última peça, resultando em uma imagem não organizada e revelando desperdícios.



Figura 4.21. Excesso de estoque no ponto de uso na linha de montagem
Fonte: Elaborado pelo Autor

4.6.3 Desenvolvimento do FMLE na linha de montagem

Diante da aplicação do FMLE, é preciso determinar o sistema de fluxo de materiais desde o fornecedor até a disposição no ponto de uso. Na figura 4.22 é apresentada cada etapa por onde os componentes estudados são direcionados. Uma vez que a empresa Alf@ recebe os materiais conforme a embalagem do fornecedor e de acordo com seu peso, os responsáveis pelo recebimento enviam o material para o supermercado. Os responsáveis pelo supermercado colocam os materiais em novas embalagens padronizados e disponibilizam-nos para o

rebocador, que apresenta o programa de produção, com a finalidade de enviar para cada posto de trabalho. Finalmente, os operários terão as embalagens padronizadas, de tal forma que só estejam concentrados em sua operação de montagem.

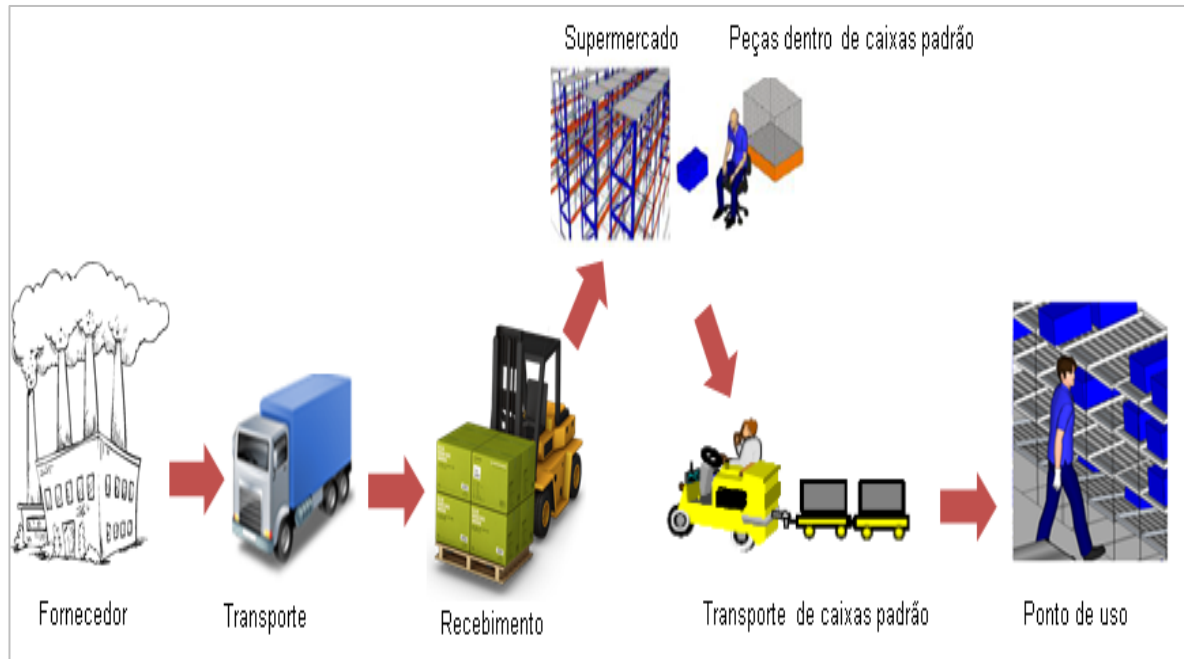


Figura 4.22. Modelo FMLE na empresa Alf@
Fonte: Elaborado pelo Autor

1) Plano para cada Peça (PPCP):

Após a criação do modelo FMLE, deve-se realizar o PPCP dos componentes C1, C2, C3, C4 e C5. Para isso, informações importantes como número da peça, descrição, unidade de consumo e fornecedor são completados e ilustrados na tabela 4.9. As informações adicionais como país do fornecedor, entrega no tempo, prazo de entrega, tipo de embalagem, uso diário, método de entrega para a linha, mínimos e máximos, entre outros, são apresentados no Apêndice II.

Utilizar um banco de dados que contém todas as informações dos componentes é de vital importância, uma vez que apresenta duas vantagens para o aumento do valor agregado, pois possibilita a classificação dos dados em diversas categorias e permite alterar e adicionar categorias com o mínimo esforço (Tabela 4.10).

Tabela 4.10. PPCP preliminar dos componentes C1, C2, C3, C4 e C5

STATUS	Numero da peça	Descrição	IDCO	Unidade consumo	Código Fornecedor	Fornecedor
Ativo	70002649	C5 127V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	70002878	C5 220V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	72000517	C5 127V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	72000519	C5 220V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	72000523	C5 127V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	72000525	C5 220V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	70002180	C5 127V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	70002181	C5 220V	Metal mec.	Peça	1840840	F5
Ativo	70001424	C1	Plastico	Peça	932878	F1
Ativo	70002183	C2	Plastico	Peça	932878	F2
Ativo	70202258	C1	Plastico	Peça	932878	F1
Ativo	70202047	C2	Plastico	Peça	932878	F2
Ativo	70202559	C2	Plastico	Peça	932878	F2
Ativo	70202223	C1	Plastico	Peça	932878	F1
Ativo	67401538	C3	Plastico	Peça	932878	F3
Ativo	67401540	C3	Plastico	Peça	932878	F3
Ativo	67403341	C3	Plastico	Peça	1677668	F3
Ativo	67403340	C4	Plastico	Peça	1677668	F4
Ativo	67401568	C4	Plastico	Peça	1677668	F4
Ativo	70001308	C4	Plastico	Peça	1677668	F4
Ativo	70002648	C4	Plastico	Peça	1677668	F4

Fonte: Elaborado pelo Autor

2) Mercado de peças.

A avaliação do mercado de peças conforme Harris *et al.* (2008) , segue quatro critérios pré-definidos: localização do mercado, nível do estoque no mercado, quantidade de embalagem e processo de abastecimento. Na figura 4.23 (itens a - c) é exibido o local do mercado físico e projetado no layout próximo à linha de montagem, para evitar transporte excessivo e responder a tempo às necessidades de cada posto de trabalho conforme os componentes que são montados.

Os níveis de estoque no mercado são calculados, relacionando-se o uso diário dos componentes conforme a demanda, o tamanho das embalagens e o estoque de segurança.

A quantidade de embalagens padrão (Figura 4.23, item b) que são projetados para o fluxo de materiais é calculada relacionando-se o nível de estoque e a quantidade das embalagens do fornecedor. Por isso, o supermercado de peças deve ter o tamanho exato para acomodar os níveis de estoque, mesmo que o supermercado raramente atinja o máximo possível.

Quanto ao processo de abastecimento, são desenhados três fluxos de execução. O primeiro corresponde à coleta de embalagens vazias nos *flowracks* da linha de montagem. Tanto no supermercado como na linha de montagem existe uma

unidade de retorno sinalizando ao abastecedor as embalagens nas quais devem ser colocadas mais peças. O segundo fluxo é o trajeto de ida e volta. O rebocador vai até o supermercado, descarrega as embalagens vazias e coleta as embalagens cheias. Por último, ocorre o abastecimento na linha de montagem. Existe uma etiqueta nas caixas padronizadas (Figura 4.23, item b), que contém informações como código da peça, descrição, quantidade, local do posto de trabalho e local do supermercado.

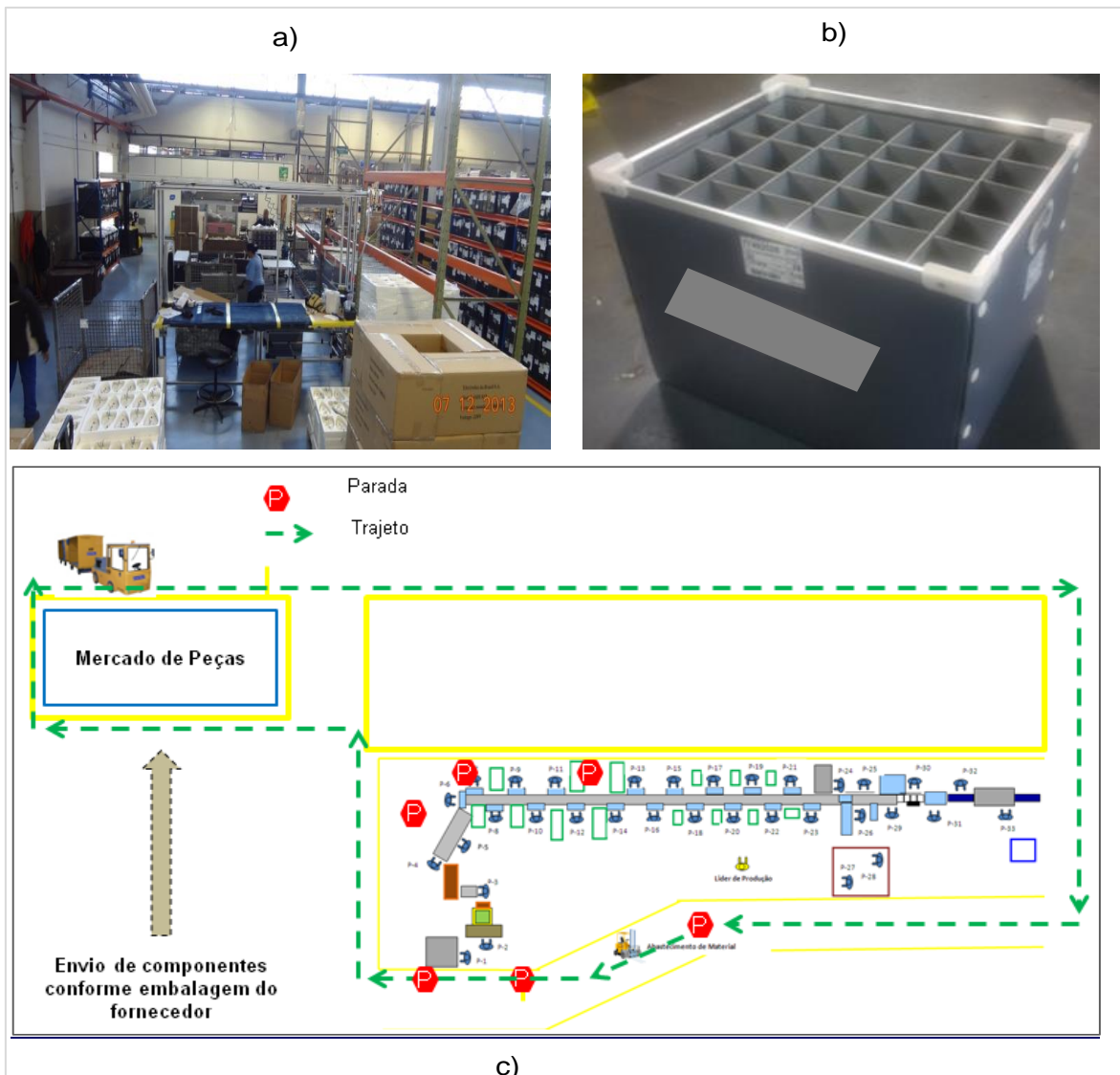


Figura 4.23. Ilustração das áreas do FMLE

Fonte: Elaborado pelo Autor

Um aspecto a ser destacado é o controle do NRFT na linha de montagem. Ao serem analisados 100% dos componentes do mercado, espera-se que a linha de

montagem não receba peças defeituosas, assim a *performance* semanal reduzirá constantemente até chegar ao nível Sigma desejado.

3) Criação de rota de entrega e sistema de gerenciamento de informações.

Conforme apresentado na figura 4.23 (item c), a rota é desenhada para o local exato onde os componentes são montados de acordo ao posto de trabalho. O responsável pelo rebocador apresenta um mapa de orientação similar da figura anterior, que indica os postos de coleta de caixas de peças e abastecimento seguindo o percurso de seu trajeto de entrega a cada duas horas.

Desta forma, buscou-se reduzir a movimentação e espera dos operadores na linha de montagem, além de facilitar o abastecimento de múltiplos postos em uma mesma rota. A definição dos sentidos das rotas e a suas paradas também busca reduzir ou eliminar os riscos de acidentes.

O planejamento das rotas de movimentação teve como objetivo criar percursos com menores deslocamentos em cada rota. Desta forma, buscou-se reduzir a movimentação e a espera, além de facilitar o abastecimento de múltiplos postos em uma mesma rota. Também foi definido o sentido de cada uma das ruas, conforme sugere Harris *et al.* (2008). A definição dos sentidos das ruas não apenas reduz desperdícios, mas também reduz o risco de acidentes.

A definição das rotas de entrega foi realizada a partir do PPCP. Definiu-se o tempo necessário para cada material e a quantidade de trabalho contida em cada rota, procurando-se manter o equilíbrio entre as rotas, conforme sugerido por Harris *et al.*, (2008).

4) Sustentabilidade.

A partir da prática das três primeiras fases do FMLE, foram definidos diversos programas de melhoramento contínuo, como o 5s semanalmente, assim como auditoria do trabalho padronizado do supermercado e da rota de abastecimento.

Nas primeiras duas semanas de implantação das rotas, ocorreram atrasos em quase metade delas. Assim, identificou-se a necessidade de uso do quadro de acompanhamento de produção. O quadro permitiu que os próprios operadores das rotas anotassem os problemas que ocasionavam atrasos.

Foi ainda levantado o seguinte problema: Havia poucos locais para a ultrapassagem e isto gerava um atraso de algumas rotas. Harris et al. (2004) não mencionam a pontos de ultrapassagem, entretanto, estes são necessários quando há um número grande de rotas de abastecimento.

A partir desta constatação, foram tomadas duas medidas: a) criar pontos de ultrapassagem nas rotas; e b) identificar os postos onde o movimentador ficava mais tempo com o veículo parado na rota e, para estes, definir um ponto de parada fora da rota, tanto para os rebocadores quanto para as empilhadeiras.

4.6.4 Resultados da terceira etapa

Na apresentação inicial da análise de valor da restrição foram comparados os resultados após do FMLE, de acordo com as mesmas considerações apontadas na seção 4.4.2.2:

1) *Takt Time* final da linha de montagem

O *Takt Time* permanece em 24 segundos, conforme os cálculos ilustrados na tabela 4.6, para manter a produção puxada devido à demanda do cliente, representado no VSM.

2) Filmagem, cronoanálise e documentação final dos postos de trabalho

Após da implantação de novas melhorias, foram filmados (mesmo padrão de captações de informações, conforme figura 4.13) todos os postos de trabalho para avaliar o resultado da nova metodologia de operações logística.

A partir das melhorias implantadas, os responsáveis por cada posto de trabalho não se movimentam em excesso, como é apresentado na figura 4.24, o que anteriormente provocava atividades desnecessárias ou desperdícios, assim os tempos de ciclo começou a diminuir.

Conseqüentemente, alguns postos foram eliminados e as atividades necessárias que resultaram da redução de tempos foram realocadas para outros postos de trabalho. Assim, em cada grupo de operações LM's da linha de montagem foram aplicadas e constatadas as seguintes medidas:

- Grupo LM1: Foram mantidos os três postos de trabalho por representarem atividades de maquinaria de soldagem, exceto algumas atividades adicionais como resultado da implantação do FMLE;
- Grupo LM2: O posto 6 foi eliminado, uma vez que abriga atividades que o operador não irá fazer e algumas atividades restantes podem ser compensadas em postos próximos, tais como 5, 7 e 8;
- Grupo LM3: Nesse grupo, os postos da montagem são muitos similares, por isso os postos 16, 17 e 23 foram eliminados;
- Grupo LM4: Alguns postos tinham a função de fazer retrabalho para recuperar algumas falhas do processo e excesso de postos para teste. Os tempos dos postos 27, 28 e 29 foram realocados para outros postos de trabalho;
- Grupo LM5: O grupo que gera NAV e W ao cliente, no que se refere às embalagens. Alguns postos podem ser transferidos e assim reduzir os processos de embalagens. Os últimos do processo, tais como 32 e 33 foram realocados para as atividades dos postos 30 e 31.

De acordo com a redução de postos de trabalho, foram reduzidos nove postos e é importante citar que os operadores responsáveis pelos postos eliminados foram transferidos para outras linhas de montagem e para o supermercado do FMLE.

Posteriormente, o último passo dessa fase é a documentação, principal ferramenta de registro de atividades e comparação com resultados, com a finalidade de ser elemento de padronização de melhoria.

Da mesma forma, cada posto de trabalho apresenta a planilha de dados com as melhorias implantadas após da redução de postos e transferência de atividades. O documento expõe o tempo de ciclo e suas atividades, e descreve a classificação das atividades do estado final do posto, como é ilustrado na figura 4.16.

3) Resultado final do balanceamento de linha final

Após da identificação dos tempos de trabalho nos postos resultantes, foi balanceada a linha de montagem conforme o *Takt Time* e os *Kaizen* descritos. Nesse balanceamento, não são considerados os tempos do FMLE, pois esse tipo de técnica só ilustra as atividades em postos de trabalho em que os operadores estão exercendo a função de montagem dos componentes.

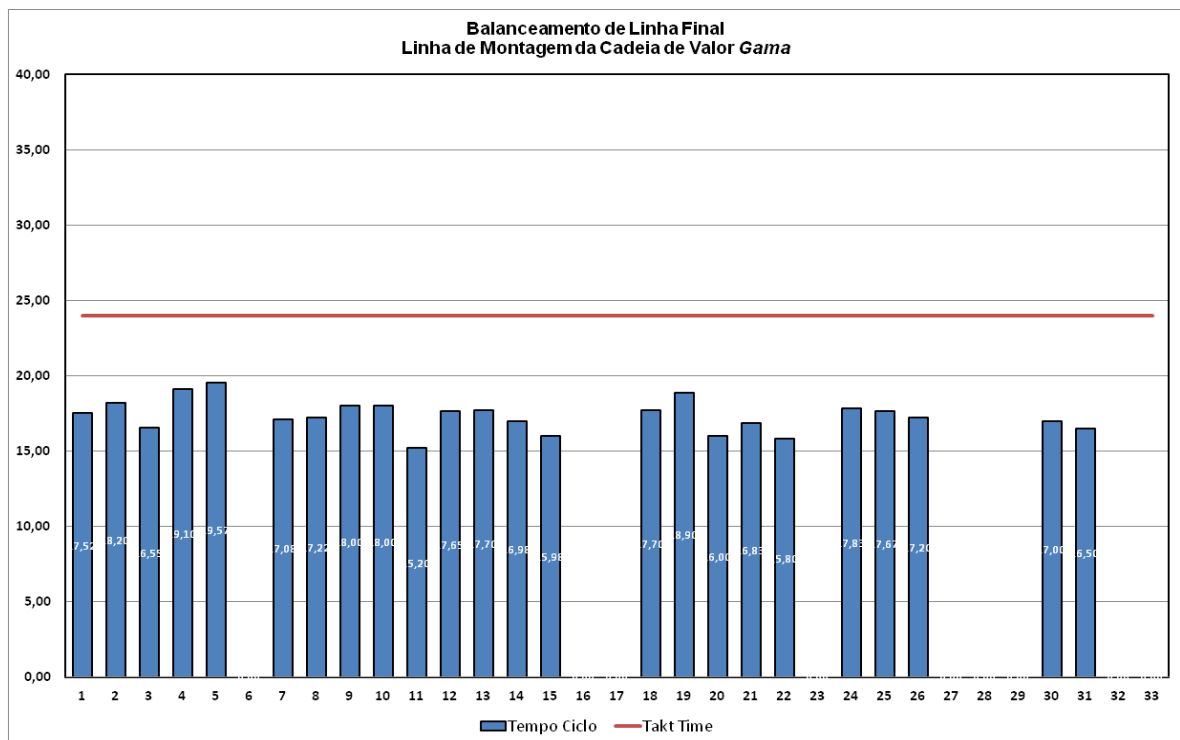


Figura 4.24. Gráfico Balanceamento Final na linha de montagem
Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico apresentado acima permite visualizar qualitativamente um balanceamento mais harmônico, sem grandes variabilidades entre os postos. De maneira quantitativa, os resultados do novo balanceamento são apresentados na tabela a seguir e comparados com o *status* antes das melhorias implantadas. Todos os tempos de ciclo de cada posto de trabalho estão disponíveis no Apêndice III.

Tabela 4.11. Resultado Final do Balanceamento de Linha

Parâmetros	Antes	Depois	Status
Média (Seg)	18,56	16,65	○
Desvio Padrão (Seg)	5,72	1,05	○
Mediana (Seg)	17,5	17,22	▲
Mínimo (Seg)	7,23	15,2	○
Máximo (Seg)	29,65	19,57	○
Postos	33	24	○
<i>Takt Time</i> (Seg)	24	24	▲
∑TC (Seg)	612,42	416,18	○
LBR %	63%	89%	○
LAE %	77%	72%	✗
M.O (Unid)	26	17	○

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme a tabela 4.11, o resultado é satisfatório primeiramente na somatória do tempo de ciclo. Após a melhoria a somatória do tempo de ciclo final foi de 416,18 segundos, que representam 44% de redução.

Na distribuição do balanceamento, o LBR final indica 89% de distribuição nos 24 postos de trabalho em comparação de 63%. Esse resultado é acompanhado no desvio padrão reduzido e nos postos máximos e mínimos.

No entanto, a eficiência do balanceamento não teve resultados satisfatórios. O LAE indica 72% de eficiência, 5% menos do balanceamento inicial. Assim mesmo indica 28% de ociosidade da linha conforme 24 segundos do *Takt Time*. Existem dois aspectos que permitem aperfeiçoar o LAE para algo em torno de 95% e 100%:

- Continuar realizando melhorias para a redução de postos de trabalho e chegar próximo a 17 operadores (mão de obra ótima), tendo LBR e LAE satisfatórios;
- Manter os 24 postos como resultados dos *Kaizen* e reduzir o *Takt Time* para 18 segundos, eliminando 28% de ociosidade de tempos de ciclo conforme o *Takt Time* inicial de 24 segundos.

Para a equipe do projeto executor a primeira opção não é válida pela seguinte consideração: a primeira delas não é aceitável pela divisão dos postos de trabalho em grupos de operações LM. Cada grupo tem funções diferentes conforme a montagem do produto, portanto transferir funções para outros grupos e redesenhar

o *layout* da linha na sua totalidade para essa opção requer tempo maior de estudo. Da mesma forma, redesenhar o *layout* é também criar novo padrão de abastecimento do FMLE.

Desta forma, decidiu-se optar por trabalhar com um *Takt Time* mais rápido de 18 segundos, o que resulta em um LAE de 95%. Conseqüentemente a ociosidade é diminuída e a mão de obra otimizada em 23 postos de trabalho, conforme a equação 13.

Apesar de uma produção mais rápida e puxada de acordo com a demanda mensal da cadeia de valor (Tabela 4.1), ainda existem mensalmente 8.525 produtos em excesso, que demandam 6,5 horas de trabalho, como é ilustrado na tabela a seguir:

Tabela 4.12. Resultado Final do Balanceamento de Linha

Takt Time (Seg)	Produção Horária (Unid)	Demanda Diária (Unid)	Demanda Mensal (Unid)
24	148	959	23975
18	200	1300	32500
Diferencia	42	341	8525

Fonte: Elaborado pelo Autor

No que diz respeito ao conceito de produção puxada, não é recomendado produzir além da demanda, uma vez que isso gera desperdícios e produção empurrada. No entanto, produzir essa diferença também significa ter um volume de segurança de estoque ou mesmo manter a qualidade em casos de trocas de produtos por garantia. Uma ação possível para diminuir essa quantidade seria trabalhar 20 dias ao mês, sem considerar os sábados.

Considerando-se este fato, existem mais oportunidades, já que há disponibilidade de oferecer 8.525 unidades ou mais que devem ser estudadas em toda a cadeia de valor pelas seguintes razões:

- Necessidade de aumentar o volume do mercado nacional e estudar a possibilidade de exportar os produtos fabricados no Brasil para outros países da América Latina nunca excluindo a exigência de inovação.
- Em caso de aumento da demanda, a linha de montagem pode operar com mais horas de trabalho ou até ser agregado outro turno de 6,5 horas.

4) Identificação das atividades AV, NAV e W no balanceamento de linha final.

Anteriormente, existiam diferenças nos tempos de ciclo, além de desperdícios em todas as atividades nos postos, para as quais foram desenhadas diversas metodologias caracterizadas como pulmões no conceito da TOC. Esses pulmões subordinados pela restrição têm como função principal absorver todas as atividades que não agregam valor para que os operários nos postos de trabalho estejam concentrados nas atividades que são realmente ligadas à montagem dos componentes (Figura 4.25).



Figura 4.25. Implantação do conceito cirurgião na linha de montagem
Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com o balanceamento de linha final, as atividades do conceito cirurgião nos postos de trabalho são concebidas proporcionalmente à de AV, NAV e W. Na figura a seguir é possível observar que a maioria dos postos realiza pelo menos uma atividade AV, à exceção dos últimos postos do LM5, cuja principal atividade é a embalagem, portanto são NAV ou W, dependendo dos critérios da tabela 4.9.

Os tempos de AV, NAV e W foram quantificados e percebe-se que a proporção de AV é de 42,7% (176,7 segundos de 416,2 segundos dos tempos de ciclo), NAV de 48,7% (202,6 segundos de 416,2 segundos dos tempos de ciclo) e 8,85% de W (36,8 segundos de 416,2 segundos dos tempos de ciclo). A tabela 4.13 ilustra a comparação entre o status antes e depois da melhoria.

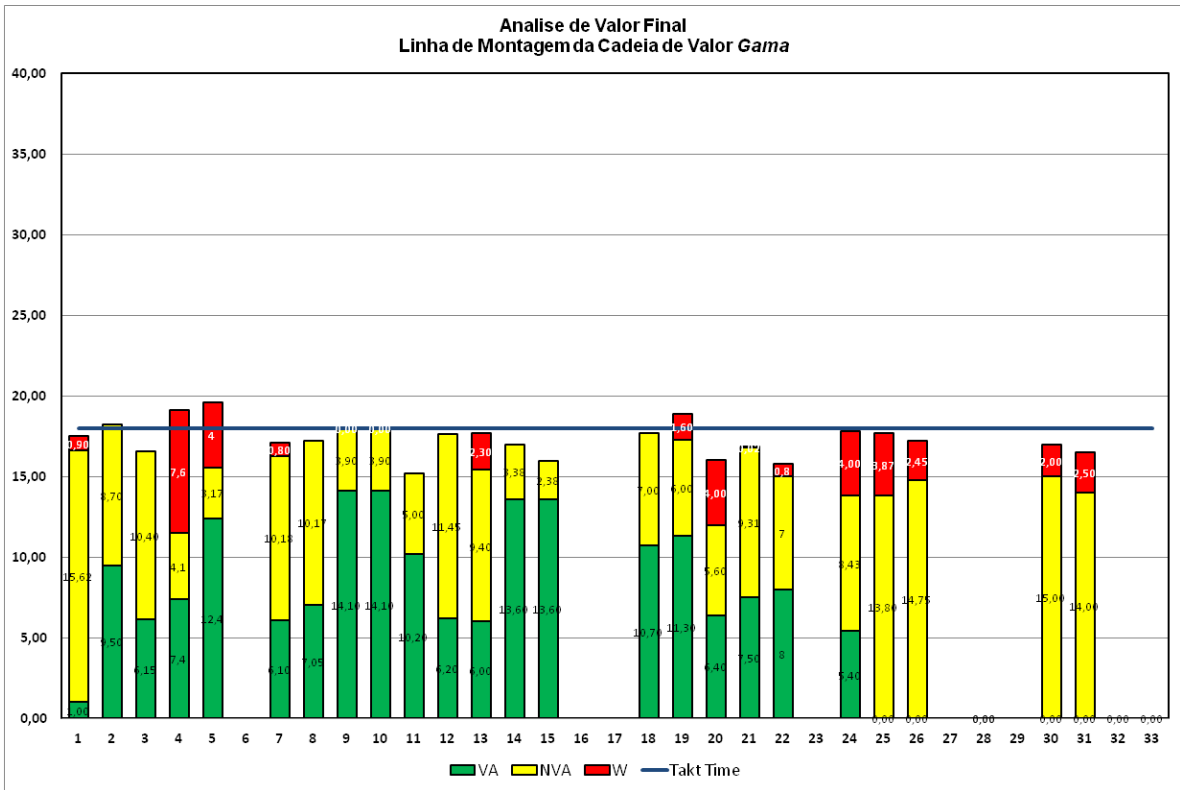


Figura 4.26. Gráfico Balanceamento de Linha Final conforme AV, NAV e W
 Fonte: Elaborado pelo Autor

O novo balanceamento identificando AV, NAV e W obteve ganho de 10% de AV, uma diminuição de 18% de NAV e 81% de W conforme ilustra a tabela 4.13:

Tabela 4.13. Comparação AV, NAV e W após da melhoria.

Status	AV (Seg)	NAV (Seg)	W (Seg)
Antes	161	247,69	192,669
Depois	176,7	202,638	36,84
Resultado	↑ 9,8%	↓ 18,2%	↓ 80,9%

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.7 Etapa 4 - Controlar a variação do processo

Depois de identificar a restrição da cadeia de valor, eliminar desperdícios e reduzir NVA, nesta etapa são utilizadas técnicas do Seis Sigma no controle da variabilidade do gargalo. Para isso é preciso disciplina, documentação correta e um processo criterioso de seguimento dos resultados para que estes não sejam esquecidos.

A análise do controle da variação no processo conforme a eliminação de desperdícios na restrição é baseada em duas fases: Análise da variação do DSA e Análise da variação do NRFT:

4.7.1 Análise da variação do DSA

A Figura 4.27 ilustra graficamente a evolução semanal desde o diagnóstico do problema até a etapa 4 do iTLS™, após a eliminação dos desperdícios da restrição identificada:

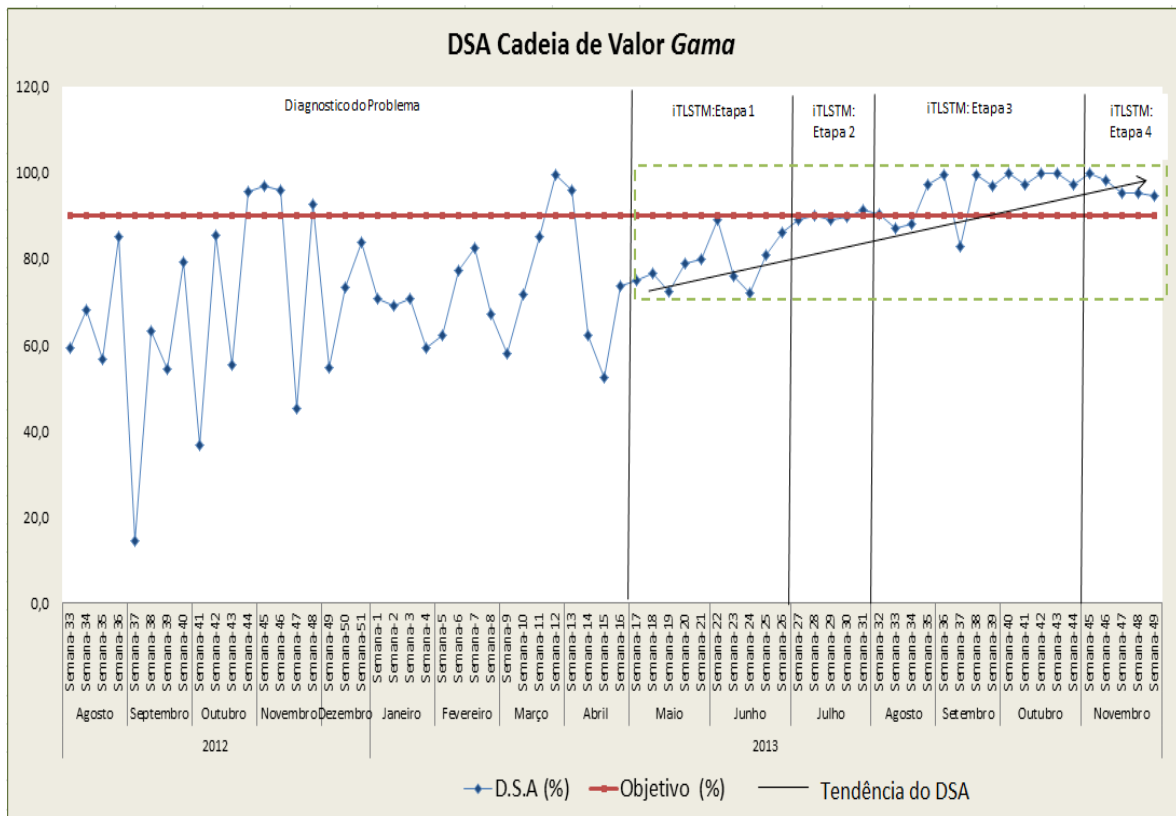


Figura 4.27. Evolução do DSA após da eliminação de desperdícios na restrição
Fonte: Elaborado pelo Autor

Da mesma forma, é apresentado na tabela 4.14 um resumo geral do aumento médio do DSA ocorrido durante as semanas que compreendem o diagnóstico do problema até a implantação das primeiras quatro etapas do iTLS™:

Tabela 4.14. Resultado da melhoria

Status	Amostra (Semanas)	Média Amostral do DSA	Desvio Padrão
Antes	33	70%	0,1842
Depois	35	90%	0,0888

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir da semana 17, na qual foi iniciado o projeto de melhoria, a *performance* do indicador DSA teve um crescimento de 90% em média, comparado aos 70% do DSA médio das semanas do diagnóstico. Nesse sentido, também é comprovada a melhoria pelo desvio padrão. As semanas apresentam um desvio de 0,0088, o que indica sua aproximação em torno da média de 90% de DSA.

Vale ressaltar que a partir das etapas 3 e 4 inicia-se a visualização do impacto quantitativo quando é eliminado o desperdício da restrição da cadeia de valor *Gama* (Tabela 4.15)

Tabela 4.15. Performance do DSA Etapa 3 e 4 do iTLS™

Amostra (Semanas)	Semanas com DSA maior que 90%	Eficiência
18	15	83%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme a Tabela 4.15, as etapas 3 e 4 contêm 18 semanas apresentados entre os meses de agosto e novembro de 2013. Segundo o DSA, durante esse período observa-se que 15 das 18 semanas estão acima de 90%, o que indica 83% de eficiência. Assim mesmo, o desvio da meta nas três semanas (semanas 33, 34 e 37) foi causado em virtude de testes realizados no fluxo logístico e da mudança de operações na linha de montagem após a redução de postos de trabalho.

Por sua vez, depois da semana 37, verifica-se na Figura 4.27 que as 12 semanas consecutivas estão acima da meta, evidenciando uma *performance* ótima do DSA.

4.7.2 Análise da variação do NRFT

A partir do resultado representado na Figura 4.28, constata-se um nível Sigma crescente de 4,5 da semana 17 até a semana 49, o que mostra uma melhora na *performance* em comparação com o diagnóstico inicial (Figura 4.11).

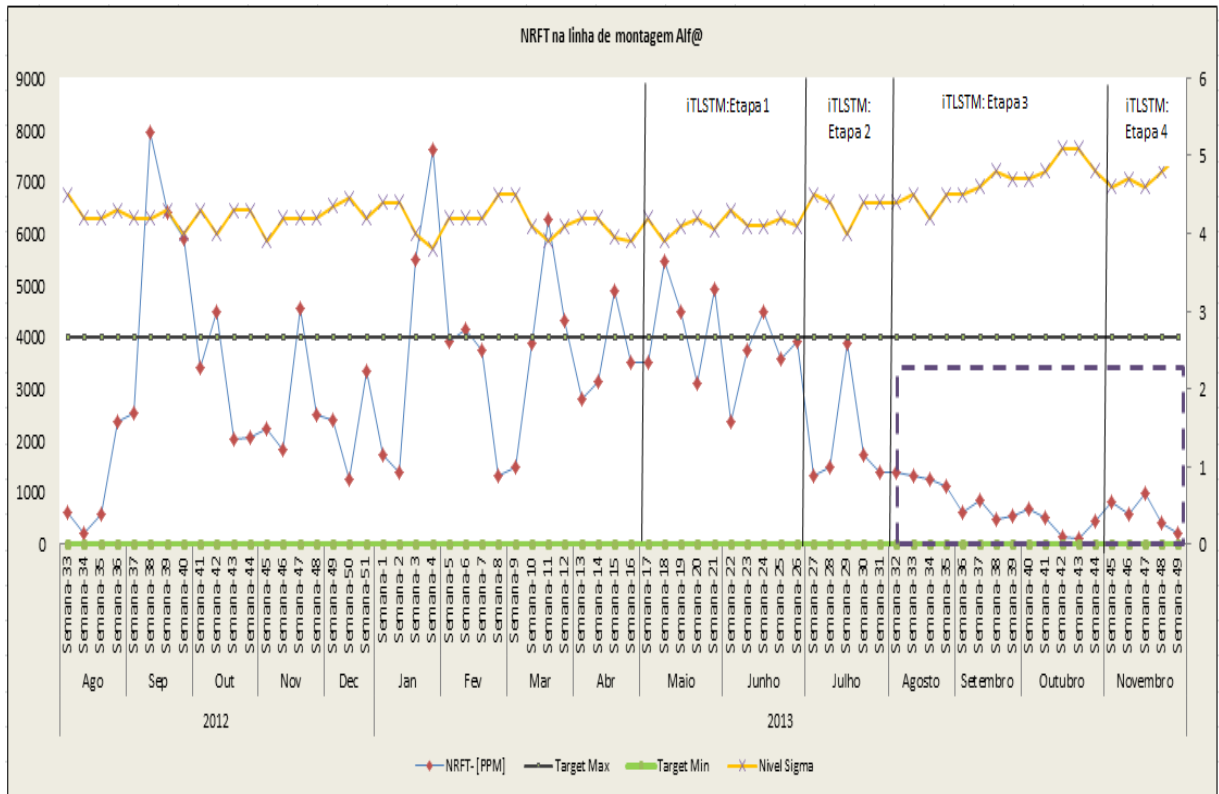


Figura 4.28. Performance do NRFT após da eliminação de desperdícios da restrição
Fonte: Elaborado pelo Autor

Esse aumento do nível Sigma durante o tempo de implantação das primeiras quatro etapas do iTLSTM deve-se à redução significativa do NRFT. Para obter-se um nível Sigma médio de 4,5, o NRFT nas 33 semanas do modelo implantado deve apresentar uma média de 1.876 ppm, em comparação com 3.323 ppm do diagnóstico inicial.

Através dos dados apresentados na Tabela 4.16, pode-se apreciar a melhoria quantitativa mais detalhadamente comparando-se o período anterior e posterior às primeiras quatro etapas do modelo nos seguintes parâmetros: Desvio padrão, Semanas com maior NRFT do limite máximo (4,000 ppm), Média do NRFT, Nível Sigma e Capacidade do Processo:

Tabela 4.16. Resultado quantitativo da melhoria do NRFT

<i>Status</i>	Antes	Depois
Amostra (Semanas)	35	33
Desvio Padrão (ppm)	1954	1612
Semanas com NRFT maior que 4000ppm	11	4
Média do NRFT(ppm)	3323	1876
Nível Sigma	4,19	4,55
Cp	0,34	0,41

Fonte: Elaborado pelo Autor

No entanto, se forem consideradas as etapas 3 e 4 do iTLS™ como as fases críticas aplicando-se técnicas do *Lean* e Seis Sigma para eliminar e controlar a variabilidade da restrição, fica evidenciado que o comportamento do NRFT e Seis Sigma passa a ter uma *performance* ainda mais eficiente. Esse resultado indica uma capacidade do processo adequado e um nível Sigma próximo ao nível mundial categorizado pela Figura 2.9

Tabela 4.17. Performance do NRFT Etapa 3 e 4 do iTLS™

Parâmetros	Status
Amostra (Semanas)	18
Desvio Padrão (ppm)	392
Semanas com NRFT maior que 4000ppm	0
Média do NRFT(ppm)	695
Nível Sigma	4,7
Cp	1,69

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.8 Etapa 5 – Controlar as atividades de suporte

Uma vez identificada a restrição, foram realizadas atividades críticas em busca da eliminação de seus desperdícios e do controle da sua variabilidade, a fim de manter a restrição elevada.

Essa etapa é essencial para subordinar todas as atividades ou fluxos próximos à restrição da cadeia de valor. Para monitorar a variabilidade do processo e o fluxo contínuo na linha de montagem, foram estabelecidos processos de auditorias e análises aprofundadas para solução de problemas imediatos.

Nesse caso a atividade aplicada nessa etapa foi a aplicação do MASP (Método de Análise e Solução de Problemas):

4.8.1 MASP (Método de Análise e Solução de Problemas)

O MASP, também conhecido como 8D (Oito Disciplinas), é uma metodologia de resolução de problemas estruturado em 8 passos, cujo objetivo é lidar com problemas recorrentes, identificar as causas da não conformidade, orientar a análise da não conformidade de maneira organizada e avaliar a eficácia das ações tomadas (CAMPOS, 2004).

Os benefícios da aplicação do MASP são:

- Padronização do processo de resolução de problema;
- Documentação do processo;
- Habilidade de compartilhar a aprendizagem do processo de resolução do problema em toda a cadeia de valor.

O resultado de cada passo é o início do passo posterior. Os passos são apresentados a seguir:

- 1) Definição da equipe do trabalho: Recomenda-se que a equipe tenha pessoas de diferentes áreas, a fim de se obter uma visão mais ampla sobre a não conformidade;
- 2) Descrição da não conformidade: Deve-se definir claramente o problema e reconhecer sua real importância. Nesse passo surgem perguntas tais como: O que aconteceu? Quantos produtos estão em não conformidade? Onde ocorreu? Quais as consequências?
- 3) Ações de contenção: Deve-se resolver o problema provisoriamente para reduzir o risco de uma reincidência imediata;
- 4) Identificação das Causas Reais: Para identificar as causas são utilizadas diversas técnicas como Brainstorming, 5 porquês, Diagrama de Peixe, FMEA, entre outros;
- 5) Ações Corretivas: Esse passo garante que não haja reincidência, tratando o problema com base nas causas reais;

- 6) Implementação das Ações Corretivas: Define, implementa e monitora as ações corretivas necessárias para se certificar de que a ação está produzindo resultados;
- 7) Verificação da Eficácia das Ações: É importante certificar-se que a ação corretiva permanece no lugar e bem sucedida. Vale ressaltar que nesse passo podem ser aplicadas ações preventivas;
- 8) Parabenizar a equipe: Essa etapa oferece oportunidade para que seja demonstrado reconhecimento pelo trabalho da equipe e pelo seu empenho em eliminar o problema desde sua causa raiz, permitindo a resolução do problema.

A etapa 5 do iTLS™ desse projeto foi aplicada em conjunto com a etapa 4. A Figura 4.27 demonstra que dentro dos dados do DSA na etapa 4 (Semana 46 - 98,2%; Semana 47 - 95,4%; Semana 48 - 94,8%; Semana 49 - 94,8%) houve uma tendência decrescente após os 100% da semana 45.

Os valores não são muitos preocupantes, pois estão acima do objetivo semanal, porém mesmo assim foi tomada uma ação e aplicado o MASP. No caso, foi aplicada a ferramenta como sistema preventivo para controlar alguns recursos que afetavam a variabilidade da restrição:

- 1) Definição da equipe do trabalho: Foi selecionado um líder para realizar a gestão do desenvolvimento da solução do problema e sete integrantes de diferentes áreas, de tal forma que o problema e sua resolução impactassem as áreas envolvidas em uma espécie de cadeia;
- 2) Descrição da Não conformidade: Foi elaborado o 5W2H que determina o conteúdo do problema como é mostrado na tabela a seguir:

Tabela 4.18. Descrição da não conformidade pelo 5W2H

O que?	A peça é detectado o problema?	o DSA está decrescendo desde a semana 46. Não é essencialmente um problema, mas devem-se tomar precauções com atrasos de entrega.
	é o problema?	
Onde?	o problema é visto na peça?	Encontrado na Expedição onde é monitorado o indicador.
	no processo?	
Quando?	o problema acontece?	Iniciou na semana 46.
Como?	é a frequência?	Apresenta redução por 3 semanas. Oferece

		com risco de estar abaixo da meta.
Quem?	é afetado pelo problema (externo)?	Afeta o consumidor final, pois não são entregues as quantidades solicitadas por ele.
	é afetado pelo problema (interno)?	
Por que?	é um problema?	Risco de perda de clientes no mercado e aumento da oportunidade da concorrência.
Quais?	Quais padrões são importantes?	<i>Standard Work</i> / Especificações do Teste

Fonte: Elaborado pelo Autor

- 3) Ações contenção: Neste MASP não existe uma ação de contenção com a finalidade de resolver o problema provisoriamente para reduzir o risco de uma reincidência imediata. Precisa-se identificar as causas do decréscimo;
- 4) Identificação da causa raiz: Depois que a equipe realizou um brainstorming para cada conceito do 6M, em conjunto foi constatado que a causa potencial era a falta de Matéria Prima na linha de montagem. Uma vez implantado o FMLE, o fluxo logístico era novo para os funcionários, portanto existia algum atraso de material para a montagem. Posteriormente, foram estabelecidas perguntas sequenciadoras de modo a encontrar a verdadeira causa. A causa raiz foi a falta de um sistema de auditoria periódico que permitisse encontrar não conformidades dentro do fluxo logístico e melhorias.

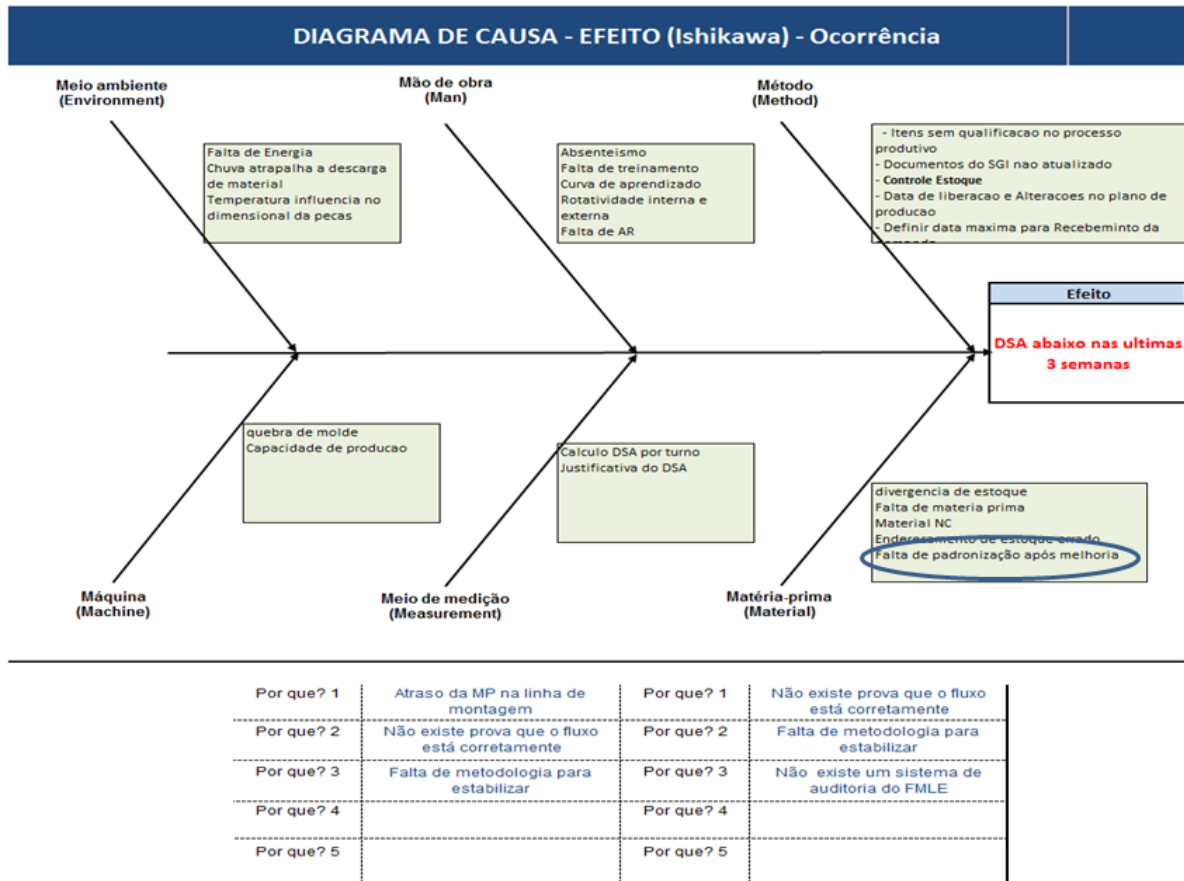


Figura 4.29. Análise das causas do problema
 Fonte: Elaborado pelo Autor

5) Ações Corretivas: Algumas ações corretivas baseadas na criação de uma auditoria capaz de identificar são visualizadas na tabela a seguir:

Tabela 4.19. Plano de Ação para resolução do problema

O que?	Quem?	Quando?	Status
Estabelecer critérios da auditoria	CN	01/12/2013	⊕
Testar o efeito de diminuir o cumprimento	JG	01/12/2013	⊕
Testar o efeito de usar fita colorida	LP	01/12/2013	⊕

Fonte: Elaborado pelo Autor

As três últimas fases do MASP são ilustradas na etapa 6 do iTLS™ como implementação da ação de melhoria para estabilizar a melhoria implantada e apresentada na etapa 3.

4.9 Etapa 6 - Remover a restrição e estabilizar

A estabilidade é o fundamento para a melhoria implantada. A etapa 6 proporciona processos eficientes e padronizados para manter os desperdícios eliminados e prever o que pode acontecer no futuro.

Três fases foram aplicadas para apresentar a restrição da cadeia de valor e estabilizá-la: Finalização do MASP, Padronização na linha de montagem e *Status* final do DSA.

4.9.1 Finalização do MASP

Na seção 4.8.1 foram aplicados os cinco primeiros passos do MASP. No entanto, nesta seção são apresentados os três últimos passos que visam o controle das atividades de suporte na eliminação de desperdícios da restrição:

- 6) Implementação das Ações Corretivas: A principal ação é o desenvolvimento da auditoria do FMLE. A equipe do projeto determinou seis critérios para a verificação do processo logístico em relação a diferentes conceitos como FIFO, fluxo de caixas padronizadas e retornáveis, sistema de *flow racks*, excesso de sucatas de embalagem, 5s nas áreas, transferência e abastecimento de material, localização correta de itens, demarcações visuais no local de trabalho, entre outros. Os critérios da auditoria são: área de *Repacking*, Operação na Manufatura, Logística de Captação, Fábrica Visual, Trabalho em Equipe e Processo de Fornecimento de Materiais. Cada critério estabelece questões dentro da sua área que ajudam a enxergar o grau de estabilização de uma melhoria. Se a resposta a uma determinada questão for afirmativa, deverá indicar o número 1 e caso seja negativa, o número 0.

Na parte inferior da Figura 4.30 encontra-se o campo notas finais. Esse campo apresenta o resultado da auditoria geral e por critérios, assim como um gráfico radar que ajuda a visualizar o nível do FMLE na cadeia de valor. Primeiramente foi estipulado um valor objetivo de 80% para cada critério com previsão de que dentro dos três meses seguintes chegassem a 95%.

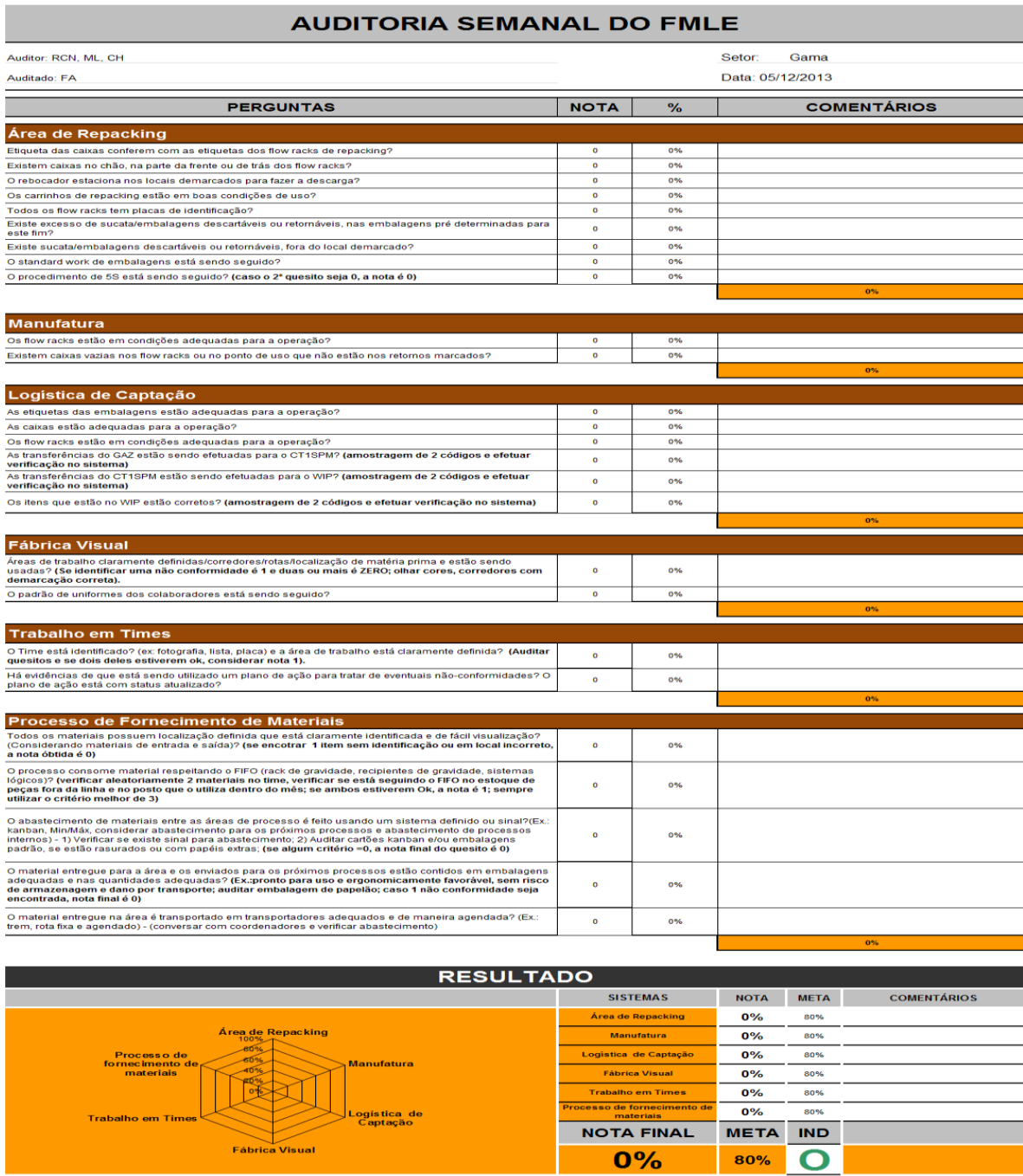


Figura 4.30. Formato da Auditoria do FMLE
 Fonte: Elaborado pelo Autor

7) Verificação da Eficácia das Ações: Uma vez implantado o modelo da auditoria, a cada semana do mês de dezembro de 2013 o sistema foi auditado com o objetivo de verificar o status do FMLE e as correções imediatas para alcançar a excelência de acordo com a queda do DSA nas 4

semanas referenciadas anteriormente na seção 4.8.1. A figura a seguir mostra o *status* semanal da auditoria de todo o mês de dezembro

Balance Scorecard das Auditorias do FMLE	Semana 50	Semana 51	Semana 52	Semana 53	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
	dez/13				jan/14				fev/14			
Target	80 %	80 %	80 %	80 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %	95 %
Área de Repacking	60%	60%	80%	90%								
Manufatura	90%	90%	90%	90%								
Logística de Captação	80%	80%	85%	85%								
Fábrica Visual	100%	100%	100%	100%								
Trabalho em Times	70%	70%	80%	90%								
Processo de fornecimento de materiais	80%	80%	85%	100%								

Figura 4.31. Performance auditorias FMLE
Fonte: Elaborado pelo Autor

De acordo com a figura anterior, pode-se observar que os critérios do *Repacking* e o fornecimento de materiais apresentavam resultados fora do objetivo esperado nas duas primeiras semanas de auditoria.

Os motivos pelos quais o resultado foi não satisfatório foram: falta de identificação do local exato de algumas das prateleiras no supermercado, falta de algumas documentações padronizadas no fluxo logístico de atividades, trabalhabilidade do FIFO no fornecimento de matéria-prima na linha de montagem e mudança cultural após as implantações de melhoria.

Cabe ressaltar que os resultados das duas primeiras semanas estão próximos aos 80% do objetivo, portanto foram necessárias apenas algumas ações corretivas para que o resultado esperado fosse alcançado. A partir da terceira semana do mês de dezembro, os resultados da auditoria mostram uma situação favorável para o fluxo logístico relacionado diretamente com a restrição da cadeia de valor.

- 8) Parabenizar a equipe: Os resultados positivos após as realizações de melhorias ilustradas nas etapas 3, 4 e 5 do iTLS™ são produto do trabalho árduo de toda a equipe durante o tempo de execução. Parabenizar em conjunto faz parte da motivação das pessoas e incentiva o grupo a continuar melhorando os processos no dia a dia. O reconhecimento se deu por meio de confraternização das áreas de trabalho, bonificações de resultados e certificações de liderança.

4.9.2 Padronização na linha de montagem

A padronização não é uma obrigação e sim, um consenso quanto à melhor forma de se executar uma atividade, de modo que os melhores resultados sejam alcançados e as variações no processo sejam mínimas.

O documento padronizado (DP) na cadeia de valor Gama contém o trabalho padronizado e ajuda o operador a entender o procedimento correto de fabricação. A folha reproduzida na figura 4.32 apresenta todas as possibilidades de requerimentos contidas em um documento, de tal forma que o operador entenda a maneira de como deve montar uma peça.

Alguns requerimentos são:

- Detalhamento da operação: Determina os passos principais de sequencia de uma operação;
- Pontos-Chave: Encontram-se pontos significantes que detalham o processo realizado para garantir o atingimento das metas;
- Detalhes das razões dos pontos-chave: a importância dos pontos-chave em termos de qualidade, segurança e processo interno;
- Fotos do processo: Fotos de como deve ser montada uma determinada peça de forma sequencial;
- Tempo de ciclo: Tempo de ciclo da operação do posto analisado conforme o balanceamento de linha ilustrado na Figura 4.26;
- *Takt Time*: O *Takt Time* do produto que é montado de acordo com o estipulado anteriormente na Figura 4.26;

- EPI's: Os EPI's que devem ser utilizados, segundo aprovação do técnico de segurança;
- Aprovações: Áreas que aprovam o fluxo do documento.

Detalhamento da Operação	LINHA / TIME	Linha AII@			Tempos		Nº da Revisão	2
	Nome Operação	FIXAR CONJUNTO TANQUE NA BASE			Tempo de Demanda	18,0	Data da Revisão	08/12/2013
	Número Operador	1			Tempo da Operação	17	Autor	JN
	Work Center	X-6						
No.	Passos Principais	Pontos Chave	Detalhes e Razões para os Pontos Chave + Segurança ◆ Qualidade ● Atenção		Foto / Esboço / Desenho			
1	Posicionar o led, passando-o por dentro do top cover.							
2	Posicionar lâmpada no top cover conforme indicado na figura 1. (apenas modelo ODI 10; 11)	Usar ferramenta que facilite passar a lâmpada no Top Cover,	● Facilitar processo de montagem.					
3	Montar espelho da lâmpada neon no top cover. Conforme figura 2. (apenas modelos ODI 10, 11)							
4	Fazer a junção da base com o tanque e parafusar parte frontal conforme indica figura 3. (apenas modelos SIE)							
5	Montar botão Spray, conforme figura 4. (apenas para modelos SIE)	Não esquecer de encaixar o botão SPRAY.	● Evitar não conformidade de falta de componente no NRFT.					
6	Montar botões de spray e vapor. Conforme figura 5. (apenas modelos ODI05)							
7								
8								
9								
10								
EPI's	Olhos	Ouvido	Pés	Cabeça	Mãos	Respiração	Outros	
	XXXXXXXXXX	PROTETOR	SAPATO SEGURANÇA	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	
APROVAÇÕES	ENGENHARIA DE PROCESSOS (X)			QUALIDADE (X)	MEIO AMBIENTE (X)	SEGURANÇA (X)		

Figura 4.32. Formato da Documentação Padronizada
Fonte: Elaborado pelo Autor

Os 24 postos de trabalho na linha de montagem assim como todas as operações do FMLE apresentam documentação padronizada e que é revisada periodicamente para determinar a conformidade do seguimento por parte dos funcionários das operações fabris.

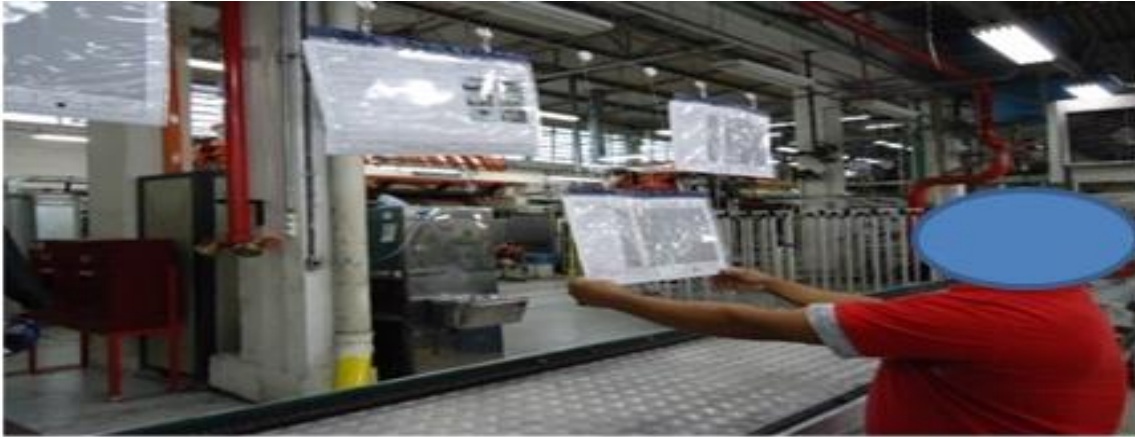


Figura 4.33. Documentação Padronizada na linha de montagem
 Fonte: Elaborado pelo Autor

4.9.3 Status final do DSA

Após a padronização de trabalho das atividades relacionadas diretamente com a restrição da cadeia de valor, uma restrição é removida quando o gargalo no sistema é elevado e os recursos não restritivos foram subordinados em função da restrição.

Devido à melhoria no GBO, FMLE, MASP e estabilização nos processos apresentados em seções anteriores no projeto, a demonstração da restrição removida é ilustrada pela evolução do DSA desde o momento em que foi diagnosticado o problema até a última semana de dezembro de 2013, que apresenta a sexta etapa do iTLS™.

A Figura 4.33 oferece uma visão oficial da evolução do DSA, quando as semanas do mês de dezembro apresentam uma média de DSA de 94,1%, resultado acima do valor ideal de 90%. Portanto, todas as semanas que estão dentro da aplicação do iTLS™ mostram uma tendência crescente comparado com as semanas do diagnóstico do problema na qual a eficiência do projeto é satisfatória em termos qualitativos.

Assim, qualitativamente, foram 37 semanas de análise do iTLS™ até a etapa 6, na qual 20 semanas estão acima de 90%, representando uma eficiência de 54%, em comparação com as 35 semanas do diagnóstico; e 6 semanas acima de 90% com 17% de eficiência.

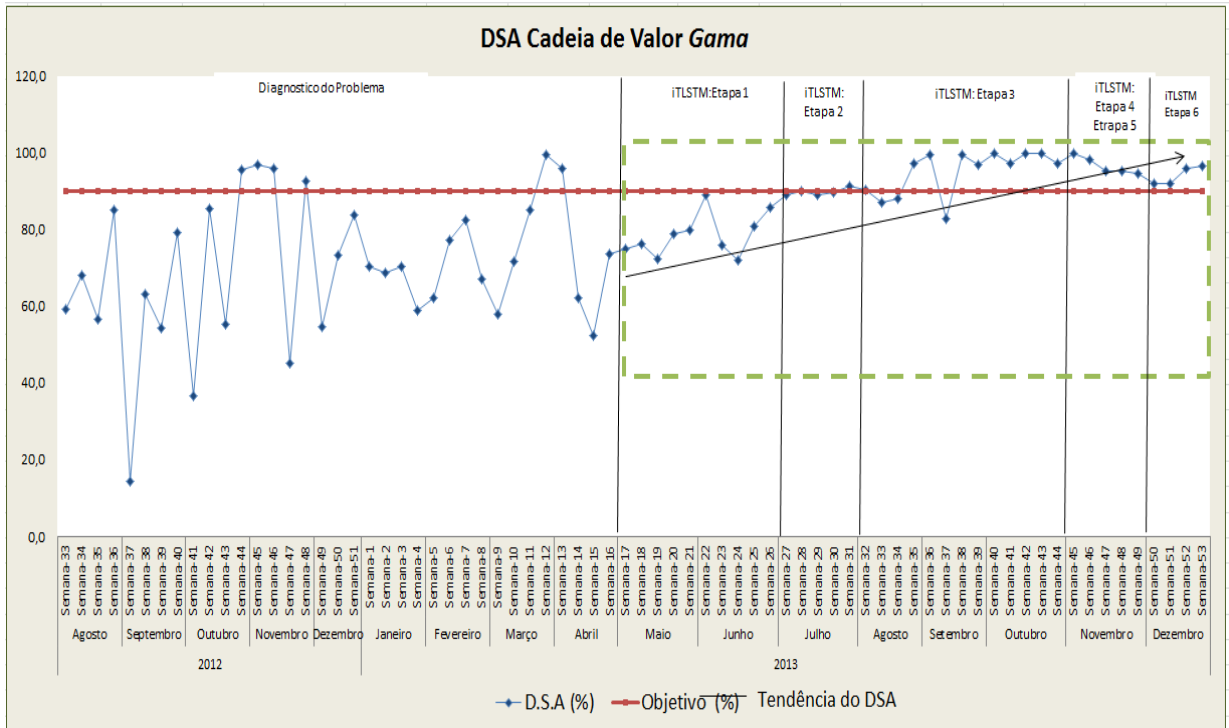


Figura 4.34. Performance das seis etapas do iTLSTM™
 Fonte: Elaborado pelo Autor

Com suporte do *Box Plot*, foi revisado o grau de dispersão entre os dois status. De acordo com a Figura 4.35, pode-se notar que depois da aplicação do modelo, além do incremento do DSA, todos os valores se apresentaram próximos ou dentro da aceitação dos 90% estabelecidos como meta e tendo menor dispersão, uma vez que a diferença entre o quartil 1 e quartil 3 representa 11% em comparação com os 26% verificados antes da aplicação do modelo.

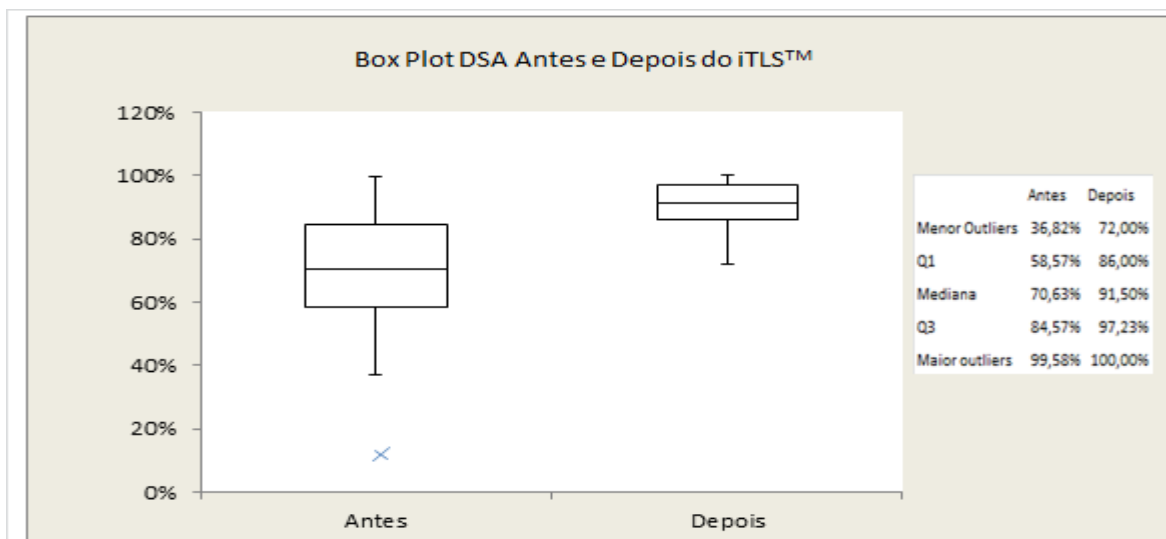


Figura 4.35. Comparativo do DSA pelo Box Plot antes e depois do iTLSTM™
 Fonte: Elaborado pelo Autor

4.10 Etapa 7 - Reavaliar o sistema

Finalmente, todo o projeto da pesquisa para a aplicação do iTLS™ foi satisfatório, demonstrando que a restrição foi removida e garantindo sua variabilidade de maneira constante a sua elevação na cadeia de valor.

Conforme a descrição teórica da etapa 7, feita por Pirasteh e Fox (2010), reavaliar o sistema de maneira constante permite encontrar restrições adicionais a novos problemas, necessitando-se novamente iniciar o ciclo pelo primeiro passo.

No entanto, em virtude das limitações da pesquisa, é apresentado unicamente o resultado do desenvolvimento do projeto. Neste caso, três fases foram elaboradas conforme a conclusão e resultado do iTLS™ na cadeia de valor Gama:

- Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro;
- Árvore da Realidade Futura (ARF);
- Análise dos resultados da resolução do problema.

4.10.1 Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro

A construção do Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro foi elaborada com a implantação do FMLE e os resultados do *Kaizen* na restrição, em relação à eliminação do desperdício referenciado na Seção 4.6.

No mês de janeiro de 2014 foi elaborado o mapa com todas as áreas envolvidas. Decidiu-se em conjunto que a demanda deveria ser a mesma que foi estipulada na Tabela 4.1, com a finalidade de quantificar a melhoria com as mesmas informações.

Em relação à nova estrutura da linha de montagem e seu *Takt Time*, foram vinte os dias no mês em que as operações de fábrica atuaram para satisfazer a demanda. A tabela a seguir, ilustra a demanda diária e mensal da cadeia de valor Gama:

Tabela 4.20. Demanda diária futura

Produto	Demanda Mensal (unid)	Demanda Diária (unid)
T	22090	1104,5
X	8626	431,3
Y	23975	1198,75
Z	21288	1064,4
Total	75979	3798,95

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura 4.37 está representado o estado futuro construído. No mapa, pode-se perceber que a área Logística adquire uma responsabilidade importante quando recebe as informações de demanda, pois essa área é a responsável por manter o FMLE de forma eficiente, ao receber a matéria prima na DOCA, enviar material constantemente para o supermercado a fim de dar continuidade ao fluxo na linha de montagem.

Dentro do mapa, pode-se apreciar ainda a gestão dos sinais puxados que o supermercado recebe em cada estação da linha de montagem a cada 2 horas, para manter o menor material possível nos postos de trabalho.

Para que todas as ações de melhoria ofereçam resultados positivos, determinou-se um plano de congelamento na produção a cada 2 meses, assim como a conscientização de fornecedores, para que cumpram a entrega de acordo com o solicitado.

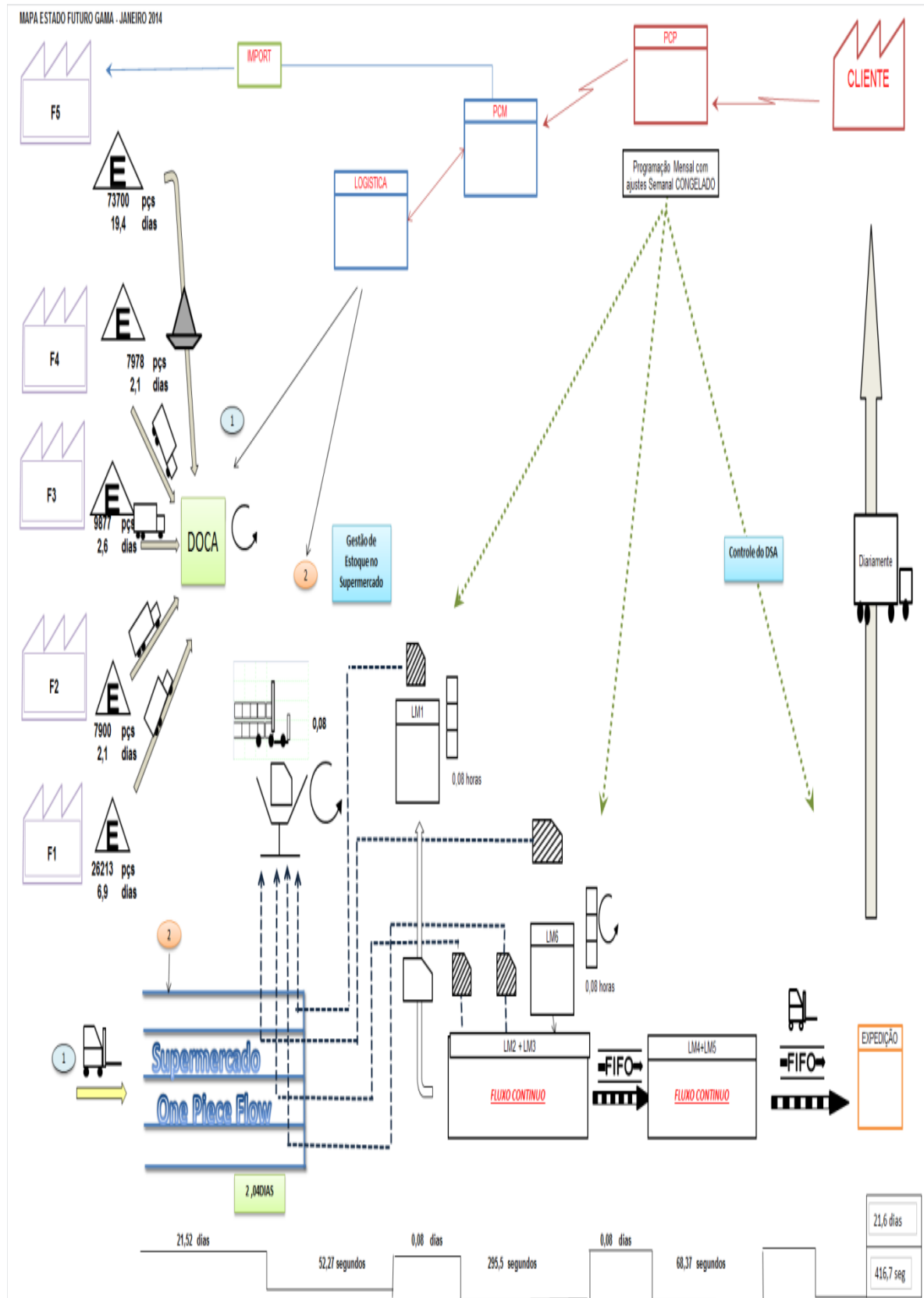


Figura 4.37. Mapeamento do Fluxo de Valor futuro da cadeia de valor Gama
 Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme a figura anterior, o *lead time* referenciado deve-se às quantidades de estoques dos componentes analisados de acordo com a demanda diária da cadeia. Dessa forma:

Tabela 4.21. Lead Time futuro dos componentes da cadeia de valor Gama

Componente	Estoque (Unid)	Lead time (dias)
C1	26213	6,9
C2	7900	2,1
C3	9877	2,6
C4	7978	2,1
C5	73700	19,4
LM1	304	0,08
LM6	304	0,08
market	7750	2,04
Total		21,6

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quantitativamente, houve melhoria no lead time total da cadeia, onde foram reduzidos 5,4 dias como resultado detalhado de todas as ações desde a identificação da restrição da cadeia, análise aprofundada dos desperdícios e sua eliminação, assim como o controle da variabilidade.

Devido à redução do *lead time* e aos *Kaizens* que foram efetuados na restrição que redução do tempo de ciclo na linha de montagem para 461,7 segundos, foi quantificado o novo WCE, que representa a eficiência em termos de valor agregado:

$$\text{WCE} = \frac{(416,7 \text{ segundos}) \times \left(\frac{1 \text{ dia}}{86400 \text{ segundos}}\right)}{21,6 \text{ dias}} \times 100\% = 0,022\%$$

O novo WCE de 0,022% representa a proporção de atividades que agregam valor a partir da visão do cliente em toda a cadeia de valor e em comparação com 0,026% do WCE calculado quando foi mapeada a cadeia pela primeira vez (Página 92).

Em termos quantitativos a diferença de 0,004% demonstra que apesar de terem sido realizadas diferentes melhorias, ainda há oportunidades para melhorias na redução do *lead time*.

4.10.2 Árvore da Realidade Futuro - ARF

A construção da ARF iniciou-se a partir da lista dos efeitos indesejáveis na Área de Controle referenciados na figura 2.5, que compuseram a ARA e quantitativamente o VSM ilustrado na figura 4.36.

Na construção da ARF três injeções de melhorias de forma detalhada foram implantadas para converter todos os efeitos em desejáveis:

- A primeira injeção (I1): uma combinação de GBO e FMLE com a finalidade de garantir o fluxo de materiais satisfatórios;
- A segunda injeção (I2): o MASP e auditorias que controlam e preveem alguma não conformidade no futuro;
- A terceira injeção (I3): controla as variabilidades de todas as melhorias implantadas.

A lista dos Efeitos desejáveis está apresentada na Tabela 4.22, a seguir:

Tabela 4.22. Efeitos indesejáveis e desejáveis na Área de Controle

	EFEITO INDESEJÁVEIS - ARA	EFEITO DESEJÁVEIS - ARF
E4	Não conformidade do produto	Existe conformidade no produto
E5	Layout na linha não apresenta desempenho alto	Layout na linha está com desempenho alto
E6	Movimentação excessiva (Desperdício)	Não existe movimentação excessiva
E7	Pouca otimização de tempo e recursos na linha	Recursos e tempos otimizados
E8	Falta de 5s	Auditorias FMLE
E9	Excesso de transporte de materiais (Desperdício)	Não existe transporte excessivo
E10	Layout desorganizado	Layout Organizado
E11	Baixa produtividade	Alta Produtividade
E12	Aumento de hora extra	Redução de horas extras
E13	Falta de treinamento dos operadores	Treinamento constante e padronização
E14	Lead time alto na linha de montagem	Baixo Lead Time na linha de montagem - mais rápido
E15	Baixa aderência na programação da produção de entrega visualizada no DSA	Alto DSA
E16	Falta de programação de materiais	Plano de programação de materiais.
E17	Falta de congelamento na programação	Congelamento cada segunda feira

Fonte: Elaborado pelo Autor

Semelhantemente ao modo como é lida e estabelecida a ARA, também é estruturada a ARF:

- a) **Injeção 1 - Implantando FMLE** - gerar a efetivar a programação mensal e semanal de materiais do fornecedor (E16). Isso leva ao congelamento na programação dos produtos na fábrica (E17);
- b) O congelamento na programação dos produtos d;
- c) A fábrica (E17) e a programação de planejamento da demanda (E22) resultam em uma alta aderência na produção de entrega visualizada no DAS acima de 90% (E15);
- d) **Injeção 1 - Implantando FMLE** adquire um *layout* na linha de montagem com alto desempenho (E5), então a linha apresenta desperdícios de movimentação nas estações de trabalho eliminados (E6) e transporte de materiais (E9) reduzidos;
- e) **Injeção 2 - MASP orienta a uma** eficiência do desempenho do Layout na linha de montagem (E5) e ao reforço do programa de FMLE (E8), tem como efeito um *Layout* organizado (E10) e treinamentos dos operadores (E13);
- f) A cadeia apresenta baixo desperdícios de movimentação nas estações do trabalho (E6) ou transporte de materiais (E9) ou Layout organizado (E10) ou treinamentos dos operadores (E13), ocorre alta otimização de tempo e recurso na linha de montagem (E7);
- g) **Injeção 3 – Controle da variabilidade** otimiza os resultados dos recursos na linha de montagem (E7) e controla a não conformidade do processo (E4), pode trazer um *lead time* baixo e mais rápido (E14).
- h) Com um *lead time* baixo e rápido na linha de montagem (E14) ou uma alta aderência na produção de entrega visualizados no DSA (E15), há também uma alta produtividade nas operações (E11).
- i) Uma alta produtividade nas operações (E11) ou a aplicação de soluções de longo prazo para a entrega do produto (E26) resulta em um *lead time* eficiente na cadeia de valor (E24);
- j) A alta produtividade nas operações (E11) e a diminuição das horas extras (E12) reduzem o custo em todas as operações (E18);

- k) O desempenho alto do *lead time* na cadeia de valor (E24) afeta positivamente a entrega do cliente e cria uma baixa oportunidade para a concorrência conquistar mercado (E20);
- l) A não customização do produto (E1) implica em não ter variações dos componentes e do design do produto (E2);
- m) As variações reduzidas dos componentes e a simplificação do design do produto (E2) resulta em um produto ainda atrativo e aumentando as vendas (E19);
- n) O aumento de vendas dos produtos T, X, Y e Z (E19), conduz à alta *performance* na satisfação das necessidades do cliente (E23) e à alta *performance* em toda a cadeia de valor (E25).

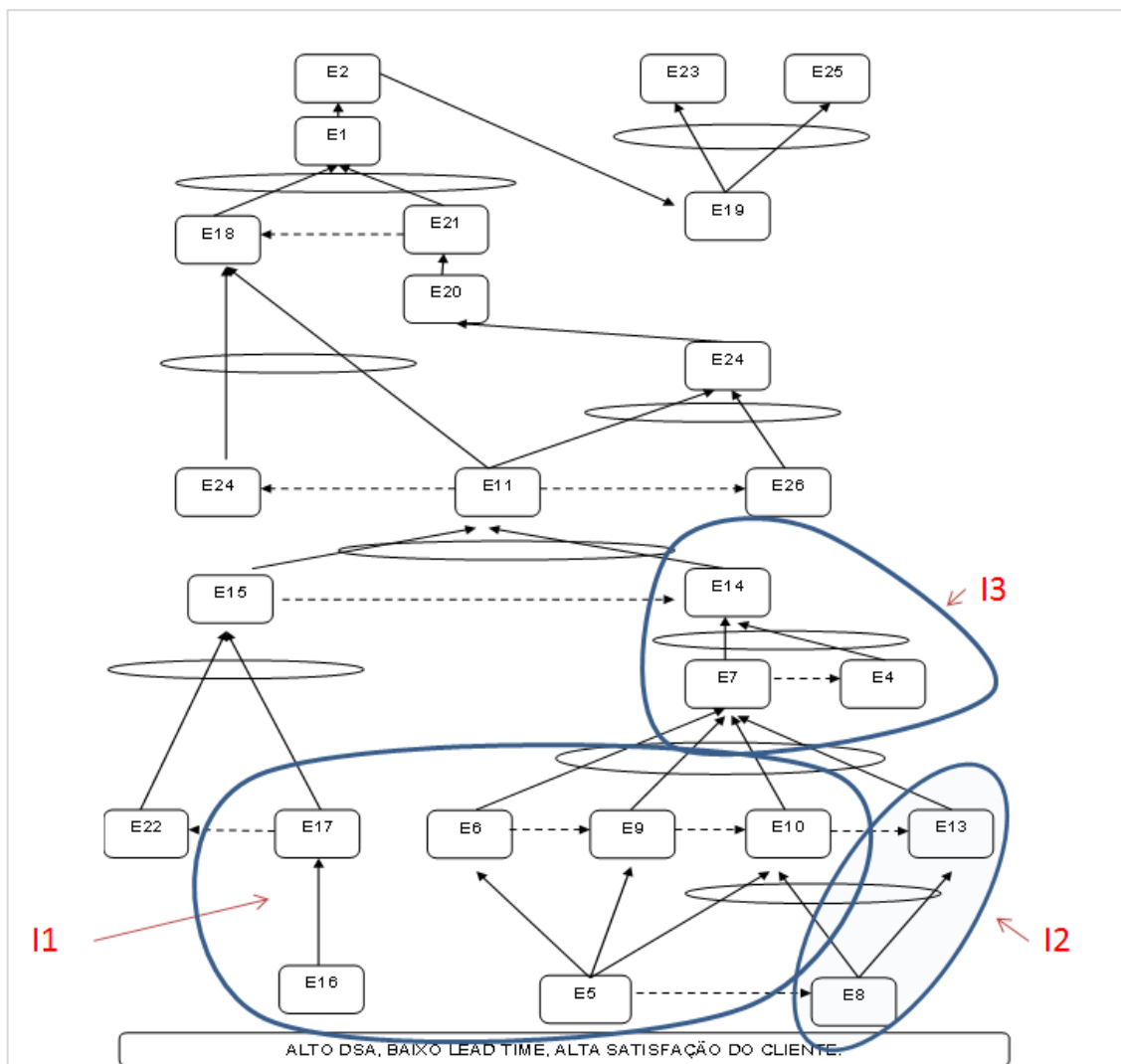


Figura 4.37 Árvore da Realidade Futuro (ARF) na cadeia de Valor *Gama*
 Fonte: Elaborado pelo Autor

4.10.3 Análise dos resultados da resolução do problema

Os resultados obtidos nos elementos da cadeia de valor *Gama* para a redução de 5,4 dias do *lead time*, através da utilização do modelo iTLS™ encontram-se demonstrados na figura 4.38.

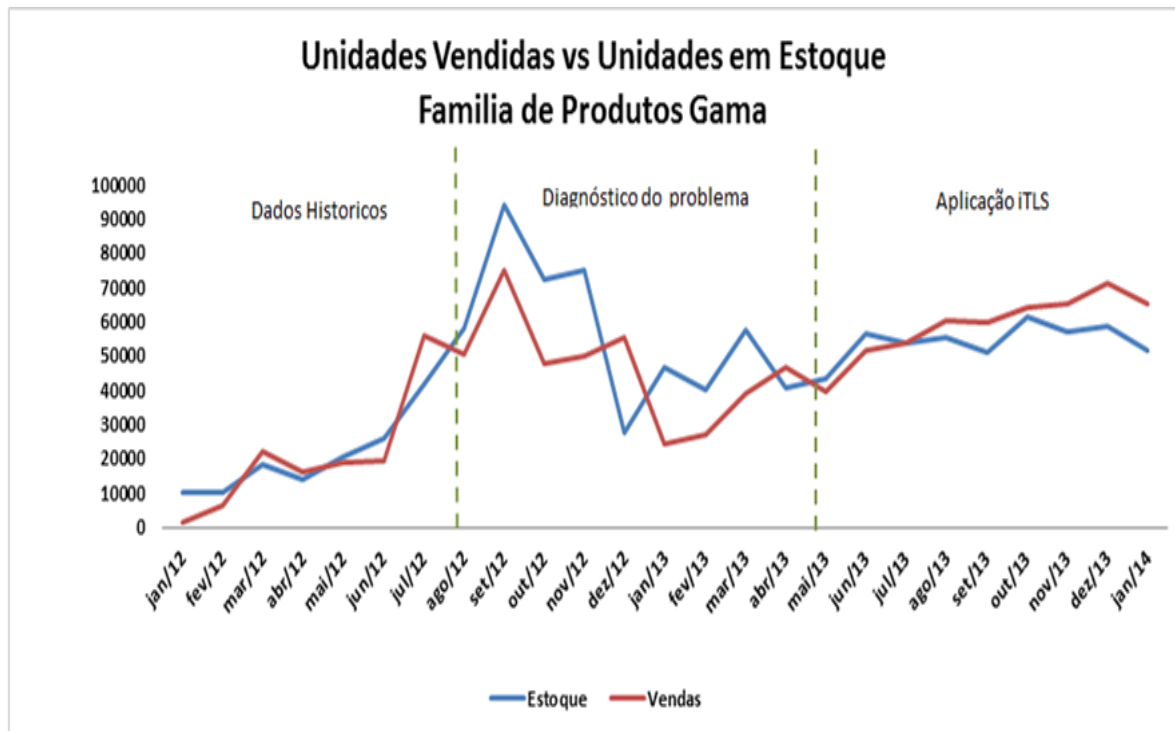


Figura 4.38. Performance das vendas estoque no antes e depois do iTLS™
 Fonte: Elaborado pelo Autor

Na figura acima é possível perceber que a partir do momento em que houve uma concentração dos esforços em função da restrição da cadeia para a redução do *lead time*, foram obtidos resultados positivos na cadeia de valor, tais como:

- Restrição eliminada reduzindo 9 postos de trabalho na linha de montagem, reduzindo 80,9% de W, 18,2 NAV e aumentando 5,8% de AV;
- Restrição eliminada aumentando o LBR para 89%, o LAE para 95% e redução do *takt time* de 24 segundos para 18 segundos, baseados em metodologias do *Lean*;
- Aumento do nível Sigma de 4,1 para 4,7, controlando a variabilidade dos desperdícios da restrição, baseados em ferramentas do DMAIC.
- Aumento do DSA em 30%;

- Por ultimo, aumento de unidades vendidas para 27,7% e redução de unidades de estoque em 4,7%.

Assim, todo o trabalho conjunto das áreas envolvidas nas operações ajudou as demais áreas tais como Finanças, Pós-venda e Comercial a planejarem estratégias para aumentar as vendas, a aumentarem o serviço ao cliente e a inserirem a empresa em um *Netsales* positivo.

Por outro lado, com a redução estratégica de estoque, o volume de vendas aumentou na proporção inversa a partir de agosto de 2013 com tendência crescente até o mês de janeiro, mês em que foi finalizada a pesquisa-ação.

A figura 4.39 ilustra o nível quantitativo em termos de vendas e estoque obtido pela pesquisa. Verifica-se que a redução do estoque em 4,7% durante os nove meses de implantação do modelo, destacou um incremento de 27,7% de unidades vendidas no mesmo período em comparação com os meses em que o problema foi diagnosticado e identificado.

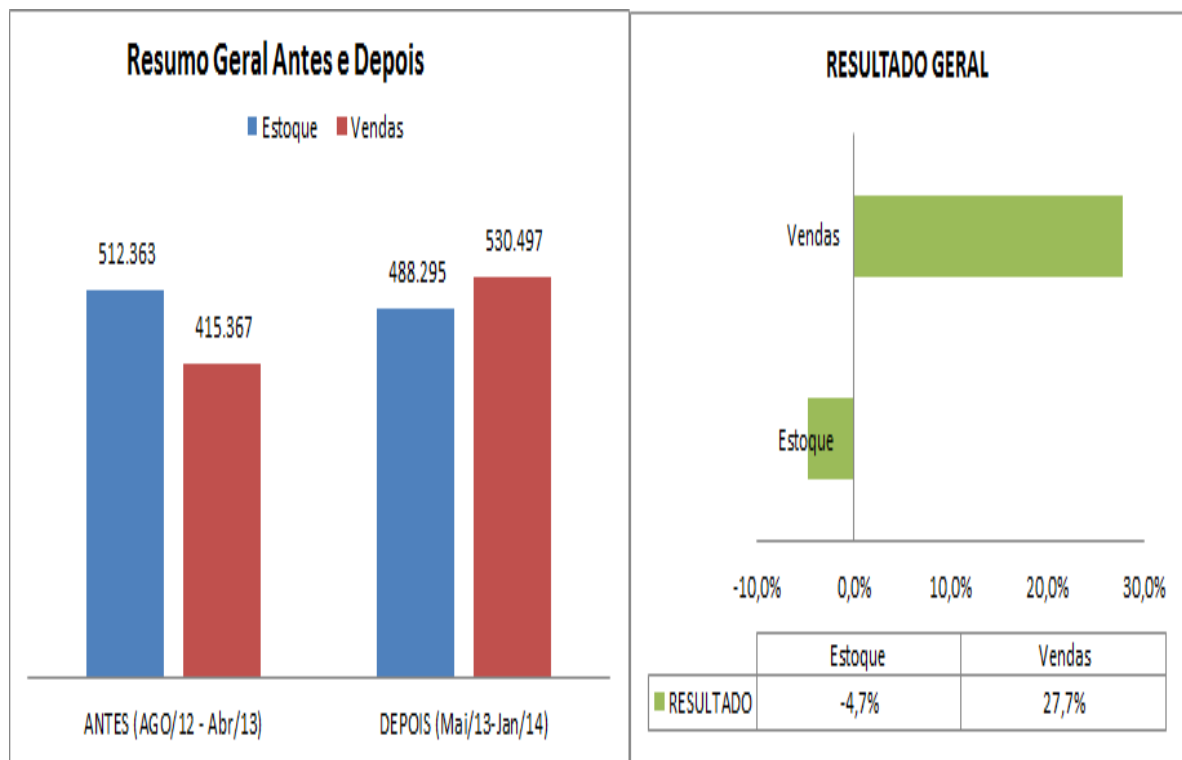


Figura 4.39. Resumo geral de vendas e estoque conforme aplicação do iTLS™
 Fonte: Elaborado pelo Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser um modelo apresentado no ano de 2006, o iTLS™ ainda é desconhecido no mundo da literatura, uma vez que não existem artigos ou dissertações aprofundados sobre o tema. Após a publicação do modelo unicamente foi relatado que este foi implantado em um sistema de produção Contínuo, porém seu desenvolvimento não foi publicado em detalhes. Outro ponto a ser ressaltado é que este trabalho foi aplicado em sistemas de produção Discreto.

No caso da presente pesquisa, a aplicação do iTLS™ trouxe tanto benefícios como dificuldades, conforme a questão da pesquisa listada adiante:

- *De que forma pode ser realizada a integração das três abordagens e reduzido o lead time na cadeia de valor em longo prazo, de forma de eliminar as possíveis restrições, desperdícios e diminuir a variabilidade na empresa do setor de eletrodomésticos no Brasil?*

Quanto aos benefícios, pode-se dizer que a questão da pesquisa foi respondida e o objetivo do trabalho foi atingido aplicando o iTLS™ para a redução do *lead time* em 5,4 dias e demais resultados quantitativamente positivos referenciados na seção 4.10.3.

Igualmente, a aplicação do iTLS™ levou a diversos resultados significativos de gestão, como o incremento de 8.525 unidades ou mais, caso sejam trabalhadas mais horas no turno de operações. A esse respeito, quando do término do projeto, a gerência manifestou que existe possibilidade de oferecer produtos em países vizinhos tais como Uruguai, Paraguai, Argentina e Chile. Isso gerou interesse em exportar os produtos manufaturados no Brasil.

Ao final do projeto, em virtude do desenvolvimento inovador e os excelentes resultados apresentados durante todo o tempo do iTLS™ na cadeia de valor *Gama* da empresa Alf@, localizada Curitiba, toda a equipe que participante recebeu reconhecimento e foi convidada para aplicar o modelo nas demais cadeias de valor da empresa Alf@. Assim a ação promoveu o início da expansão do iTLS™ como modelo de referência na empresa.

No entanto, vale ressaltar que, para ser um modelo de referência na empresa, é imprescindível focar em todos os componentes de um determinado conjunto de produtos. Nesse trabalho, por ser um projeto de pesquisa e com tempo

estabelecido, decidiu-se trabalhar com elementos críticos, e foram considerados cinco itens críticos na transformação do produto na manufatura.

Quanto às dificuldades, durante a realização da pesquisa-ação algumas barreiras foram encontrados na aplicação do iTLS™. A primeira foi a falta de credibilidade no modelo iTLS™ por parte de alguns funcionários e de alguns membros da equipe da empresa Alf@, por tratar-se de um modelo criado recentemente e ainda pouco explorado.

Em virtude disso, foi essencial um treinamento exaustivo com a equipe da empresa Alf@, explicando cada detalhe e etapa do modelo, assim como as previsões de duração de cada aplicação, a fim de que as pessoas pudessem perceber a integração das abordagens e o objetivo das sete etapas.

A segunda dificuldade encontrada foi em relação ao tempo da pesquisa e a aplicação das ferramentas e metodologias recomendadas nas etapas do iTLS™. Algumas ferramentas poderiam ser complexas, promovendo um atraso no cronograma da pesquisa. Por isso, não foram exploradas todas as ferramentas possíveis, tais como 5s, FMEA e *Poka Yoke*. Foram selecionadas aquelas julgadas mais aceitáveis dentro do cronograma estipulado.

Durante o desenvolvimento da pesquisa foi aplicada algumas ferramentas que Pirasteh e Fox (2010) não especificam exatamente a ferramenta a ser utilizada. Na etapa 2 ilustrada de maneira resumida na figura 2,20, Pirasteh e Fox (2010) recomendam analisar a restrição para identificar desperdícios. Foi elaborado series de técnicas como GBO, análise de valor da restrição e análise do *Takt Time*. Para estabelecer o plano de melhoria para eliminar os desperdícios da restrição foi aplicado neste projeto o DDN idealizada pela TOC para identificar a melhoria.

Assim mesmo, a etapa 3, Pirasteh e Fox (2010) recomendam aplicar técnicas de fontes de desperdícios da restrição (Figura 2.21). Existem muitas formas de eliminar os desperdícios, foi aplicado o FMLE como uma ferramenta que não é idealizada pelos autores do iTLS™, mas no projeto foi a maneira de propor eliminar a restrição e demonstrar posteriormente a redução de 80,9% de desperdícios.

Os fatos anteriores demonstra que o iTLS™ por ser modelo novo e explorado nesta pesquisa, pode ser atualizada com outras ferramentas para aumentar sua importância e resultados no momento da integração das três abordagens no melhoramento contínuo.

A terceira dificuldade encontrada foi a carência de referências de literatura sobre o iTLSTM, por se tratar de uma nova abordagem de gestão, conforme foi mencionado anteriormente. Em virtude disso, o pesquisador manteve contato com o Dr. Pirasteh para compartilhar conceitos e experiências durante cada etapa aplicada nesta pesquisa-ação.

Quanto à experiência adquirida pelo pesquisador no tempo de estudo de pesquisa, pode-se afirmar que foi satisfatória. Representou grande desafio interpretar os elementos que integram as três abordagens para dar a estrutura do iTLSTM. Para isso, foram dedicados meses de pesquisa para cada abordagem e posteriormente para o modelo criado por Russ Pirasteh, com o objetivo de aprender cada etapa e de que forma as abordagens integradas estavam surgindo.

Quanto às sugestões de trabalhos futuros, o autor recomenda algumas observações:

- 1) O modelo foi aplicado primeiramente em sistema de produção de caráter Contínuo (sem publicação na literatura). No entanto, nesta pesquisa foi aplicado em um sistema de caráter Discreto. Recomenda-se aplicar o iTLSTM em sistemas de produção de caráter Contínuo e assim comparar o comportamento e limitações que o modelo possa apresentar nos diferentes sistemas e sugerir adaptações do modelo;
- 2) De acordo com o modelo, recomenda-se explorar todas as ferramentas de cada etapa, com a finalidade encontrar maiores benefícios e dificuldades;
- 3) Recomenda-se aplicar o modelo em diversas áreas de operações e posteriormente publicar artigos e dissertações relacionados com o tema central desta pesquisa;
- 4) A revisão de literatura referente ao iTLSTM apresenta sua aplicação em ambientes manufatureiros, portanto recomenda-se explorá-lo também em outras áreas de uma empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGI. Goldratt Institute. Combining Lean, Six Sigma, and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance, White paper, 2009, Disponível em: <<http://www.goldratt.com>> . Acesso em: 10/12/2012.

ANDRIETTA, J.M.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão da Produção*. São Carlos, v.14, n.2, p. 203-219, 2007.

ANTONY, J. e BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, v.6, n.4, p . 20-27. 2002.

ARAÚJO, A.C. Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizado os processos de raciocínio e teoria das restrições e o mapeamento de fluxo de valor. *Dissertação (Mestrado. em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.*

ARIENTE, M.; CASADEI, M. A. GIULIANI, A. C.; SPERS, E. E. Processo de mudança organizacional: estudo de caso do Seis Sigma. *Rev. FAE, Curitiba*, v.8, n.1, p.81-92, 2005.

ARNHEITER E. D.; MALEYEFF J. The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, Vol. 17 No. 1, pp. 5-18. 2005,

BALLIS, P. *Managing flow: Achieving Lean in the new Millennium to the Gold*. Dallas: brown books. 2001.

BERNARDI, F.; ROSSETI, H. Proposta de avanço para o método Tambor-Pulmão-Corda Simplificado aplicado em ambientes de produção sob-encomenda. *Revista Gestão & Produção*. v. 17, n. 4, p. 735-746, 2010.

BURTON-HOULE, T. The theory of constraints and its thinking processes: a brief introduction to TOC. Goldratt Institute. 2001. Disponível em: <<http://www.goldratt.com/tcctpwp1.htm>>. Acesso em: 02/01/2013.

CAMPOS, V. *TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: Um estudo de caso na indústria automotiva. *Revista Produção Online*, v. 11, p. 210-239, 2011.

COGAN, S. *Contabilidade gerencial: uma abordagem da teoria das restrições*. São Paulo: Saraiva, 2007.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração da produção e operações, manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. Atlas, 2004.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-840, 2002;

COX III, J; SPENCER, M. Manual da teoria das restrições. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DETTMER, H.. Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance. US: Port Angeles, 2000.

DETTMER, H. Teoria das Restrições maximiza os negócios. *Revista Banas Qualidade*, São Paulo, Brasil. 2000.

DETTMER, H. The Logical Thinking Process: A Systems Approach to Complex Problem Solving, Milwaukee, ASQ Quality Press, 2007.

ECKES, G. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. Rio de Janeiro: Campos, 2001.

EHIE, I; SHEU, C. Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v.16, n 5, p. 542-553, 2005.

FELD, W. M. Lean Manufacturing. Tools, techniques and how to use them. Simon & Schuster, New York. 2000.

FERNANDES, F. S.; FERNANDES, L. D.; PEREIRA, R. G.; COGAN, S. A teoria das restrições: estudo de caso em uma indústria de couros do Estado de Santa Catarina. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v.1, n.11, p. 59-82, 2009.

FERRO, J. R. A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”. Lean Institute Brasil. 2003. Disponível em: <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em 10/03/2013.

FOLLMANN, N. Adaptação da Teoria das Restrições á Operação de Empresas de Transporte de Cargas Fracionadas, 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

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

GEORGE, M. Lean Six Sigma: combining Six Sigma with Lean Production Speed. Ohio: McGraw-Hill, 2002.

GOLDRATT, E. M. A Meta: um processo de aprimoramento contínuo. 2 ed. São Paulo: Nobel, 2002.

GOLDRATT, E. M. Não é sorte. São Paulo: Nobel, 2004.

GOLDRATT, E.M. Corrente Crítica. São Paulo: Nobel, 2006.

GOLDRATT, E. M. Standing on the shoulders of giants – production concepts versus production applications: The Hitachi tool engineering example. Revista Gestão & Produção, v.16, n.3, p.333-343, 2009.

HARRIS, R; HARRIS, C; WILSON, E. Fazendo fluir os materiais. 2 ed.São Paulo: Lean Institute Brasil. 2008.

HARNDEN, P.D. Integrating Lean Six Sigma and AIRSPEED within the NAVAIR 4.1 Organizational improvement efforts. White Paper. 2004. Disponível em: <<http://highperformanceorg-media.precis5.com/1679091c5a880faf6fb5e6087eb1b2dc>> Acesso em 05/01/2013

HARRY, M.; SCHROEDER, R. Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. New York: Currency, 2000.

HERRERA, A. D. Integrating the Theory Of Constraints and Six Sigma in a Manufacturing improvement process. 67p. Dissertação de mestrado. Texas A&M University-Kingsville, Texas. 2009

HINES, P. RICH, N. The seven value stream mapping tools, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, No. 1, 46-64. 1997.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going Lean. A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK. 2000.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve. A review of contemporary lean thinking. International Journal of Operations and Production Management, v. 24, n. 10, p. 994 1011, 2004.

JIN, K; ABDUL, H; ELKASSABGI, Y; ZHOU, H; HERRERA, A. Integrating the Theory of Constraints and Six Sigma in Manufacturing Process Improvement. World Academy Science, Engineering and Technology, n.49, p.550-554, 2009.

JING, G. Digging for the Root Cause. Six Sigma Forum Magazine, pp. 19-24, 2008,

KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. Using DMAIC six sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. International Journal of Productivity and Performance Management, v.58, n. 3, 2009.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Léxico Lean. Lean Institute Brasil. São Paulo. 2011.

LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LYNCH, D. P.; BERTOLINO, S.; CLOUTIER,E. How to scope DMAIC projects: the importance of the right objective cannot be overestimated. Quality Progress. January, 2003.

MABIN, V. J.; BALDERSTONE, S. J. The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management*. v.23, n.6, p.568-595, 2003.

MACADAM, R., LAFFERTY, B. A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change?. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 24 n. 5, pp. 530-549. 2004

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 5. ed. São Paulo, Saraiva, 2001.

MONTGOMEY, D; RUNGER, G. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 2 Ed, LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro. 2003.

MOURA, E C. The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes. In: *Theory Of Constraints International Certification Organization Conference, 2010, Las Vegas. Anais.... Las Vegas.*

NAVE, D. How to compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *Quality Progress*, p.73-79, 2002.

NOVACES. The top 12 reasons to integrate Constraints Management (TOC) into Lean Six Sigma as a force multiplier (Unpublish paper) Novaces Consulting, 2011. Disponível em: <[http:// www.novaces.com](http://www.novaces.com)>. Acesso em 02/11/2013.

OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: A. Médicas, 1997.

OKIMURA, L.; BERNARDI, F. Análise dos modelos de integração das abordagens Teoria das restrições, produção enxuta e seis sigma: um estudo teórico. In: VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro. Anais. CNEG, 2012.

PACHECO, D. A.; VALLE, J. A. Uma discussão sobre a integração entre Teoria das restrições, Lean e Seis Sigma para a melhoria contínua. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Outubro de 2011, Belo Horizonte. Anais. ENEGEP, 2011.

PANDE, P. S.; CAVANAGH R. R *The Six Sigma Way Team Fieldbook – An Implementation Guide for Process Improvement Teams*. McGraw-Hill. 2002.

PANDE, P; NEUMAN, R; CAVANAGH, R. *Estratégia seis sigma: como GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho*. 3.Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PERGHER, P.; RODRIGUES, L.; PACHECO, D. Discussão teórica sobre o conceito de perdas do Sistema Toyota de Produção: Inserindo a lógica do ganho da Teoria das Restrições. *Revista Gestão & Produção*. v. 18 n 4, p. 673-686. 2011.

PIRASTEH, R. Which Continuous process improvement method should I do?. How to successfully integrate Lean, Theory of Constraints and Six Sigma. 2012. Disponível em: <<http://www.iTLS-ISO.com>>. Acesso em 01/01/2013.

PIRASTEH, R, CALIA, C. Integration of Lean, Six Sigma & TOC Improves Performance, Right combination bring results in Brazilian mining and metallurgical plants. 2010; Disponível em: <<http://www.industryweek.com/companies-amp-executives/integration-lean-six-sigma-toc-improves-performance>>. Acesso em 20/11/2012.

PIRASTEH, R.; FARAH, K. Continuous Improvement Trio: The Top Elements of TOC, Lean, and Six Sigma Make Beautiful Music Together. APICS Magazine, 2006.

PIRASTEH, R.; FOX, R. E. Profitability With no Boundaries: Focus, reduce waste, contain variability, optimize TOC, Lean, Six Sigma Results. Wisconsin: ASQ Quality Press, 2010.

PIRASTEH, R. Effects of Combined Approach of Theory Of Constraints, Lean and Six Sigma on Process Improvement” Tese (Doutorado) Kennedy Western University. California. 2006.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; LA FUENTE, D. de. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. International Journal of Quality & Reliability Management, n. 2, v. 19, 2002.

PYZDEK, T. The Six Sigma Handbook - A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at all Levels. McGraw-Hill. 2003.

RAHMAN, S. The Theory of Constraints’ Thinking Process Approach to Developing Growth Strategies in Supply Chain. Working Paper ITS-WP-02-09. 2002. The University of Sydney Australia. Disponível em: <<http://www.its.usyd.edu.au>>. Acesso em 17/11/2012.

RENTES, A.F. TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de processos de Transformação de Empresas. Tese (Doutorado em livre docência), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos. 2000.

ROTHER, M.. SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar - mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo. Lean Institute Brasil. 2003.

ROTHER, M.. HARRIS, R. Criando Fluxo Contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e as sociados da produção. São Paulo. Lean Institute Brasil. 2002.

SALE, M.L., INMAN, R.A. Survey-based comparison of performance and change in performance of firms using traditional manufacturing, JIT and TOC. International Journal of Production Research, Vol. 41 No.4, pp.829-44. 2003

SANTOS, I. Uma abordagem estratégica da cadeia logística integrada utilizando a Teoria das Restrições (TOC). 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)

– Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

SCHRAGENHEIM, A. Management Dilemmas: The theory of constraints approach to problem identification and solutions. St. Lucie Press/APICS, Boca Raton, Florida, 2000.

SHINGO, S. O sistema Toyota de: desde ponto de vista da Engenharia de Produção 2.ed porto alegre. Artmed 1996.

SILVA, E.; MENEZES, E. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4 ed. UFSC, Florianópolis. 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R., Administração da Produção. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 2009

SNEE, R. D. Impact of six sigma on quality engineering. Quality Engineering, New York, v.12, n.3, p. 9-4, 2000.

SPEAR, S.; BOWEN K. Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção. Harvard Business Review. 1999.

SPECTOR, R. E. How Constraints Management enhances Lean and Six Sigma. Supply Chain Management Review.2006.

SPROULL, B. The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the integration of Lean, Six Sigma and Theory of Constraints. New York: CRC Press, 2010.

SUTTON, I. Use Root Cause Analysis to Understand and Improve Process Safety Culture. Process Safety Progress, v. 27, n. 4, pp. 274-279, 2008.

THIOLLENT, M. Metodologia de Pesquisa-Ação. São Paulo: Cortez, 2007

TOYOTA. Toyota Traditions – Ask ‘why’ five times about every matter. Disponível em: <http://www2.toyota.co.jp/en/vision/traditions/mar_apr_06.html>. 2006. Acesso em: 01/02/2013

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The Evolution of a management philosophy: The theory of constraints. Journal of Operations Management v.25, p.387-402, 2007.

WERKEMA, M. C. C. Criando a cultura seis sigma. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WERKEMA, M. C. C. Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing . Belo Horizonte: Werkema, 2006.

WINCEL, J.P. Lean Supply Chain Management: A Handbook for Strategic. Productivity Press, New York. 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A Máquina que mudou o mundo. 1. ed. Rio de Janeiro.: Campus. 1992.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. Mentalidade Enxuta nas Empresas. 6.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. Soluções enxutas: como empresas e clientes conseguem juntos criar valor e riqueza. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2006.

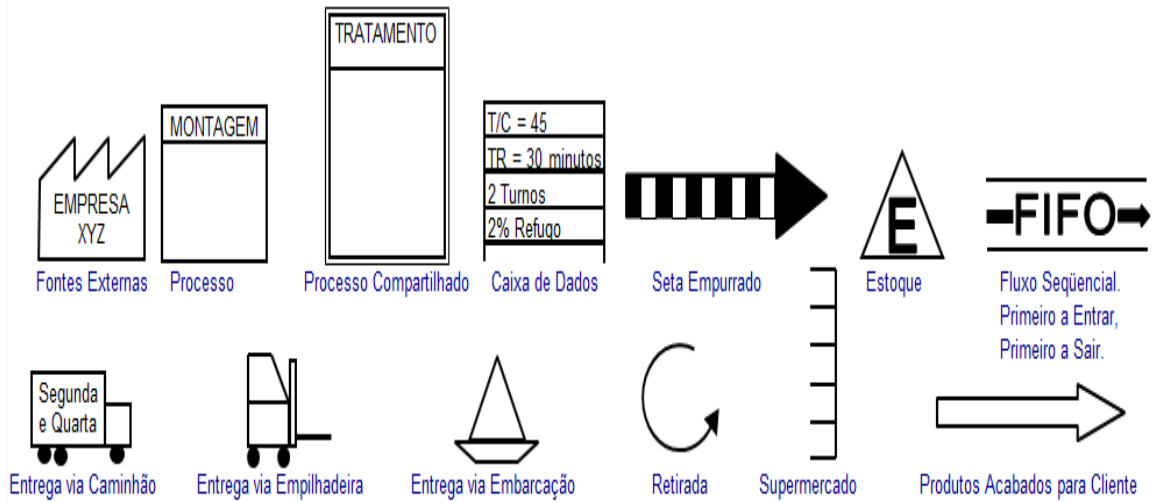
YIN, R,K. Estudo de caso: planejamento e método. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXOS

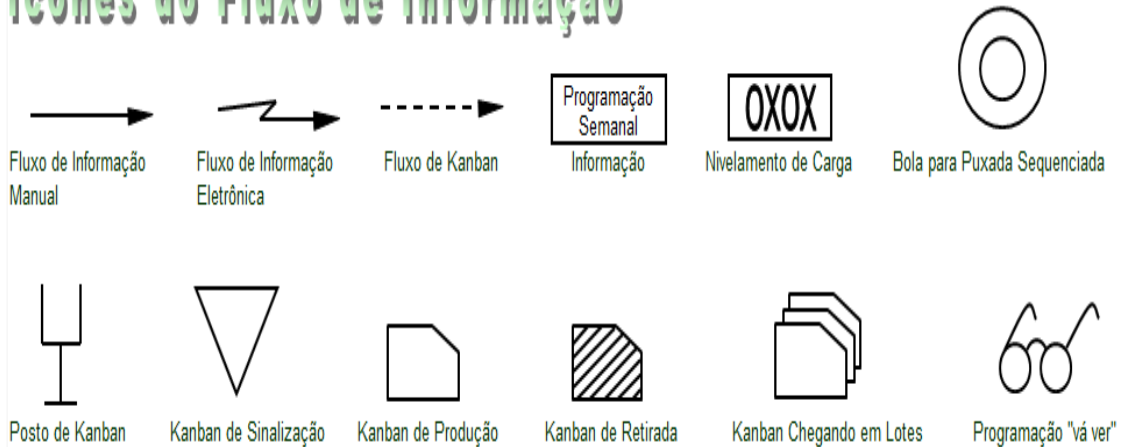
Anexo I. Ícones do Mapeamento do Fluxo de Valor	153
Anexo II. Conversão no Nível Sigma	154

ANEXO I. ÍCONES DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Ícones do Fluxo de Material



Ícones do Fluxo de Informação



Ícones Gerais



ANEXO II. CONVERSÃO DO NÍVEL SIGMA

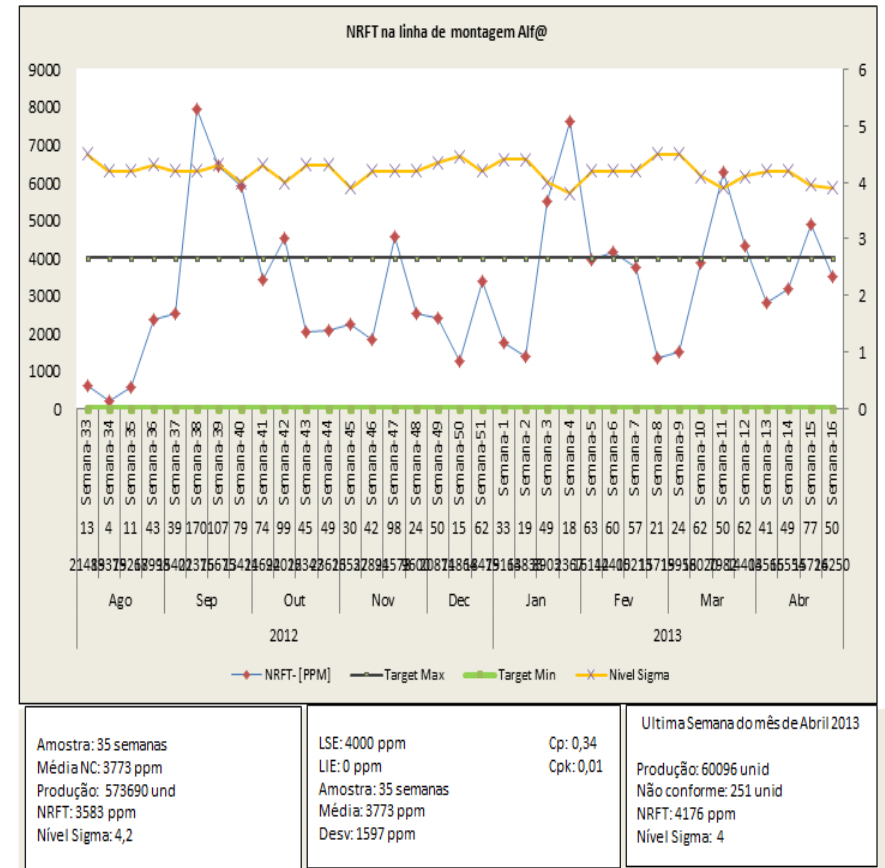
Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

APÊNDICE

Apêndice I. Registro da produção vs NRFT (agosto 2012 – abril 2013)	156
Apêndice II. PPCP geral dos componentes C1, C2, C3, C4 e C5.....	157
Apêndice III. Comparação do GBO antes e depois da implantação do iTLS™	158

APÊNDICE I. REGISTRO DA PRODUÇÃO VS NRFT (AGOSTO DE 2012 – ABRIL DE 2013)

		Produção	Defeitos	Not Right First Time	NRFT- [PPM]	Target Max	Target Min	Nivel Sigma
2012	Ago	21483	13	Semana-33	605	4000	3,4	4,5
		19375	4	Semana-34	206	4000	3,4	4,2
		19268	11	Semana-35	571	4000	3,4	4,2
		17998	43	Semana-36	2363	4000	3,4	4,3
	Sep	15402	39	Semana-37	2532	4000	3,4	4,2
		21375	170	Semana-38	7953	4000	3,4	4,2
		16675	107	Semana-39	6417	4000	3,4	4,3
		13414	79	Semana-40	5889	4000	3,4	4
	Out	21694	74	Semana-41	3411	4000	3,4	4,3
		22016	99	Semana-42	4497	4000	3,4	4
		22342	45	Semana-43	2014	4000	3,4	4,3
		23626	49	Semana-44	2074	4000	3,4	4,3
	Nov	13537	30	Semana-45	2216	4000	3,4	3,9
		22894	42	Semana-46	1835	4000	3,4	4,2
		21578	98	Semana-47	4542	4000	3,4	4,2
		9600	24	Semana-48	2498	4000	3,4	4,2
Dec	20874	50	Semana-49	2395	4000	3,4	4,35	
	11864	15	Semana-50	1264	4000	3,4	4,45	
	18475	62	Semana-51	3356	4000	3,4	4,2	
2013	Jan	19164	33	Semana-1	1722	4000	3,4	4,4
		13833	19	Semana-2	1374	4000	3,4	4,4
		8903	49	Semana-3	5504	4000	3,4	4
		2367	18	Semana-4	7605	4000	3,4	3,8
	Fev	16142	63	Semana-5	3928	4000	3,4	4,2
		14400	60	Semana-6	4150	4000	3,4	4,2
		15213	57	Semana-7	3751	4000	3,4	4,2
		15719	21	Semana-8	1336	4000	3,4	4,5
	Mar	15958	24	Semana-9	1504	4000	3,4	4,5
		16020	62	Semana-10	3870	4000	3,4	4,1
		7982	50	Semana-11	6264	4000	3,4	3,9
		14403	62	Semana-12	4305	4000	3,4	4,1
	Abr	14566	41	Semana-13	2815	4000	3,4	4,2
		15554	49	Semana-14	3150	4000	3,4	4,2
		15726	77	Semana-15	4896	4000	3,4	3,95
		14250	50	Semana-16	3509	4000	3,4	3,9



APÊNDICE II. PPCP GERAL DOS COMPONENTES C1, C2, C3, C4 E C5.

STATUS	Numero da peça	Descrição	IDCO	Unidade consumo	Código Fornecedor	Fornecedor	País do fornecedor	Qualidade Fornecedor	Entrega do Fornecedor no tempo	Prazo de Entrega	Fazer / Comprar	Unidade de peças utilizadas	Leve / pesado	Comun / Específico	uso diário	Peso por hora em hora por estação	Peso peça (1 peça)	Comprimento do recipiente	Largura do recipiente	Altura do recipiente	Quantidade e do recipiente	recipiente por hora	recipiente por dia	Tipo de recipiente	Código de embalagem	Peso do recipiente e vazio	Peso do recipiente	Tamanho quantidade e interna	Quantidade de peso interno	Número da estação de trabalho	Comentários	Supermercado	Mini-Mercado	Estoque consignado	Armazen fora da planta	Metodo de entrega para a linha	Ordem de Freqüência	Metodo	Freqüência de entrega	POV Freqüência de entrega	Mínimo de recipiente na linha	Máximo de recipiente na linha
Ativo	7002849-C5-127V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	4056	208	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	13 caixas	254 caixas	Descartável	7002849	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	07 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal	hora/hora	31 caixas	62 caixas	
Ativo	7002878-C5-220V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	4056	208	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	13 caixas	254 caixas	Descartável	7002878	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	8 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7200517-C5-127V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	3900	200	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	13,5 caixas	244 caixas	Descartável	7200517	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	9 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7200519-C5220V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	3900	200	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	13,5 caixas	244 caixas	Descartável	7200519	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	10 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7200525-C5-127V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	2100	108	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	7 caixas	132 caixas	Descartável	7200525	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	11 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7200525-C5220V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	2100	108	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	7 caixas	132 caixas	Descartável	7200525	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	12 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7002180-C5-127V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	3600	185	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	12 caixas	225 caixas	Descartável	7002180	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	13 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7002181-C5220V	Metal mec.	Peça	184040	F5	China	Regular				Comprar	Leve	Específico	3600	185	650g	44cm	31,5cm	29cm	16 peças	12 caixas	225 caixas	Descartável	7002181	570g	12,27kg	2 peças	1,465g	14 e 08				Não	Sim	Empilhadeira	Mensal	Pick to order	Mensal		31 caixas	62 caixas	
Ativo	7001424-C1	Plástico	Peça	922878	F1	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7001424	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal	Pick to order	Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	7002183-C2	Plástico	Peça	922878	F2	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7002183	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	7002258-C1	Plástico	Peça	922878	F1	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7002258	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	7002247-C2	Plástico	Peça	922878	F2	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7002247	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	7002559-C2	Plástico	Peça	922878	F2	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7002559	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	7002223-C2	Plástico	Peça	922878	F2	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	85g	100cm	118cm	122cm	500 peças	1/2 aramado	9,5 aramados	Retornável	7002223	40 kg	40kg	1 peça	85g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 aramado	1 aramado	
Ativo	67401538-C2	Plástico	Peça	922878	F2	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	35g	62cm	40cm	24cm	145 peças	1,6 caixas	32,3 caixas	Retornável	67401538	3 kg	8kg	1	35g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 caixa	16 caixas	
Ativo	67401540-C3	Plástico	Peça	922878	F3	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4680	240	35g	62cm	40cm	24cm	145 peças	1,6 caixas	32,3 caixas	Retornável	67401540	3 kg	8kg	1	35g	1				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 caixa	16 caixas	
Ativo	67403341-C3	Plástico	Peça	1677688	F3	Brasil					Comprar	Leve	Específico	3900	200	30g	70cm	35cm	33cm	162 peças	1,3 caixas	24 caixas	Retornável	67403341	3,20 kg	8kg	1	30g	21				Não	Não	Manual	Semanal		Semanal		1 caixa	1 caixa	
Ativo	67403340-C3	Plástico	Peça	1677688	F3	Brasil					Comprar	Leve	Específico	4056	208	30g	70cm	35cm	33cm	163 peças	1,3 caixas	25 caixas	Retornável	67403340	3,20 kg	8kg	1	30g	21				Não	Não	Manual	Semanal		Semanal		1 caixa	1 caixa	
Ativo	67401588-C4	Plástico	Peça	1677688	F4	Brasil					Comprar	Leve	Específico	3900	200	30g	70cm	35cm	33cm	164 peças	1,3 caixas	24 caixas	Retornável	67401588	3,20 kg	8kg	1	30g	21				Não	Não	Manual	Semanal		Semanal		1 caixa	1 caixa	
Ativo	7001308-C4	Plástico	Peça	1677688	F4	Brasil					Comprar	Leve	Específico	3900	200	30g	98cm	60cm	58cm	640 peças	0,3 caixa	6 caixas	Retornável	7001308	10 kg	31 kg	1	35 g	9 e 10				Não	Não	Empilhadeira	Semanal		Semanal		1 caixa	2 caixa	

APÊNDICE III. COMPARAÇÃO DO GBO ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DO iTLS™

DESCRIÇÃO DE ATIVIDADES	ANTES				DEPOIS			
	Tempo de ciclo	VA	NAV	W	Tempo de ciclo	VA	NAV	W
OP. 01 SOLDAR TANQUE NA MÁQUINA DE TERMOFUSÃO	12,92	0,10	62,23	0,31	17,52	1,00	15,62	3,90
OP. 02 MONTAR VALVULAS, MOLAS E PUMP POST NO TANQUE DISPONIBILIZANDO PARA	22,20	2,51	14,17	5,58	18,20	3,50	8,70	
OP. 03 MONTAR VALVULAS, MOLAS E PUMP POST NO TANQUE DISPONIBILIZANDO PARA	12,25	6,15	2,396	3,71	16,55	6,15	10,40	
OP. 04 PARAFUSAR CHAVE SELETORA DE VAPOR NO TANQUE	29,10	7,4	4,1	17,6	19,10	7,40	4,10	7,60
OP. 05 PARAFUSAR CIRCUITO ELETRÔNICO E PREPARAR VEDAÇÃO ANTIDRIP	26,57	12,4	3,17	11	19,57	12,40	3,17	4,00
OP. 06 PARAFUSAR ANTIDRIP NO TANQUE	16,08	2,1	8,598	0,00				
OP. 07 MONTAR DECORAÇÃO DO TANQUE E DISPONIBILIZAR BASE E TANQUE NA EST	18,98	5,1	6,18	7,7	17,08	6,10	10,18	0,80
OP. 08 ABASTECER, INSPECIONAR BASES E REMOVER RESÍDUOS	14,77	5,00	7,17	2,55	17,22	7,00	10,17	
OP. 09 MONTAGEM DO TOP COVER	20,08	14,11	5,976	0	18,00	14,10	3,90	0,00
OP. 10 MONTAGEM DO TOP COVER	20,08	14,11	5,976	0	18,00	14,10	3,90	0,00
OP. 11 NCAO DO TANQUE COM A BASE	26,65	6,2	0,1545	15,20	10,20	5,00		
OP. 12 JUNCAO DO TANQUE COM A BASE	29,65	6,2	20,40	3	17,65	6,20	11,45	
OP. 13 PARAFUSAR PARTE TRASERA	16,42	6	9,4	1,02	17,70	6,00	9,40	2,30
OP. 14 MONTAGEM DO CABO ELETRICO, PASSA CABO NO BACK COVER E NO FERRO	29,10	13,6	9,38	6,12	16,98	13,60	3,38	
OP. 15 LIGACOES ELETRICAS	29,10	13,6	9,38	6,12	15,98	13,60	2,38	
OP. 16 IGACOES ELETRICAS	19,40	3,5	11,8	4,1	0,00			
OP. 17 IGACOES ELETRICAS	14,30	3,5	7,8	3	0,00			
OP. 18 IGACOES ELETRICAS	18,90	7,2	2,7	9	17,70	10,70	7,00	
OP. 19 MONTAR PRENSA CABO E VEDAÇÃO FRONTAL	16,60	8	6	2,6	18,90	11,30	6,00	1,60
OP. 20 PARAFUSAR BACK COVER	16,00	6,4	5,6	4	16,00	6,40	5,60	4,00
OP. 21 PARAFUSAR BACK COVER	13,83	4,5	9,31	0,02	16,83	7,50	9,31	0,02
OP. 22 MONTAGEM DOS BOTES SPRAY/VAPOR E DECORAÇÃO TOP COVER	18,40	6,6	1,1	10,7	15,80	8,00	7,00	3,80
OP. 23 FAZER TESTE DE HIPOT E MONTAR TAMPA DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA	20,20	1,4	11	7,8	0,00			
OP. 24 ONTAR MOLINHA, PINO E BOTÃO DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA	13,83	5,4	4,43	4	17,83	5,40	8,43	4,00
OP. 25 ONTAR MOLINHA, PINO E BOTÃO DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA	17,67	0	13,8	3,81	17,67	0,00	13,80	3,81
OP. 26 TESTE FINAL	12,15	0	10,7	1,448	17,20	0,00	14,75	2,45
OP. 27 PEGAR PRODUTO DA ESTEIRA, COLAR ETIQUETA E COLOCAR SACO PLÁSTICO N	7,23	0	4,81	2,42	0,00			
OP. 28 MONTAR CAIXA E COLOCAR ETIQUETA NA CAIXA	17,50	0	17,5	0,00	0,00	0,00	0,00	
OP. 29 COLOCAR PRODUTO NA CAIXA + MANUAIS E REDES DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA	16,66	0	8,73	7,93	0,00			
OP. 30 FECHAR CAIXA DO PRODUTO E LER CÓDIGO DE BARRAS	14,55	0	9,96	4,6	17,00	0,00	15,00	2,00
OP. 31 ARMAR CAIXA MASTER E COLOCAR PRODUTOS NA CX, SELAR, PALETIZAR E LE	23,10	0	6,1	17	16,50	0,00	14,00	2,50
OP. 32 ARMAR CAIXA MASTER E COLOCAR PRODUTOS NA CX, SELAR, PALETIZAR E LE	17,10	0	11,96	5,14	0,00	0,00		
OP. 33 EMBALAGEM FINAL	11,07	0	5,07	6	0,00	0,00		

