

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

RENAN EMANNUEL FITZ LUCCHETTI

**AUMENTO DA CONTINUIDADE EM CADEIA PRODUTIVA DE  
UNIDADE INJETORA DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES  
MOVIDOS A DIESEL DE EMPRESA DO RAMO DA MANUFATURA DE  
COMPONENTES MECÂNICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
(Tcc 2)

CURITIBA

2013

RENAN EMANNUEL FITZ LUCCHETTI

**AUMENTO DA CONTINUIDADE EM CADEIA PRODUTIVA DE  
UNIDADE INJETORA DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES  
MOVIDOS A DIESEL DE EMPRESA DO RAMO DA MANUFATURA DE  
COMPONENTES MECÂNICOS**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Eng. Dr. Paulo Antonio Reaes

CURITIBA

2013

## TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa “AUMENTO DA CONTINUIDADE EM CADEIA PRODUTIVA DE UNIDADE INJETORA DE COMBUSTÍVEL PARA MOTORES MOVIDOS A DIESEL DE EMPRESA DO RAMO DA MANUFATURA DE COMPONENTES MECÂNICOS”, realizado pelo aluno RENAN EMANNUEL FITZ LUCCHETTI, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Professor Engenheiro Doutor Paulo Antonio Reaes  
DAMEC, UTFPR  
Orientador

Professor Mestre em Engenharia Tiago Rodrigues Weller  
DAMEC, UTFPR  
Avaliador

Professor Mestre em Engenharia Osvaldo Verussa Junior  
DAMEC, UTFPR  
Avaliador

Curitiba, 03 de outubro de 2013.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que sempre me providenciou tudo o que tenho. Sem a fé não encontraria forças para atingir este ponto de minha carreira.

Dedico também este trabalho à minha Mãe, meu Pai e meu irmão, minha família e familiares que são o suporte em todos os momentos de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Os agradecimentos são direcionados a todos os colaboradores dentro da empresa onde foram encontrados os problemas. O autor sempre foi bem recebido nas reuniões de planejamento de produção e também quando necessárias explicações mais detalhadas sobre os padrões utilizados pela empresa.

Ao meu Professor orientador que me conduziu para o êxito deste trabalho.

Os professores da banca avaliadora por disponibilizarem-se nas correções finais para que o trabalho atingisse o Estado da Arte.

## RESUMO

LUCCHETTI, Renan E. F. **Aumento da continuidade em cadeia produtiva de unidade injetora de combustível para motores movidos a diesel de empresa do ramo da manufatura de componentes mecânicos**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este trabalho buscou solucionar problemas encontrados em uma empresa de manufatura de componentes mecânicos da Cidade Industrial de Curitiba. A cadeia produtiva de injetores de combustível para sistemas movidos a diesel dessa empresa apresentava deficiências na continuidade de seus processos. Por outro lado, existia a necessidade de aumentar a agilidade de reação da linha produtiva perante variações nos pedidos de clientes. Pretendeu-se ainda obter a redução de estoques localizados entre etapas da linha de produção e o correspondente valor do material imobilizado. Para tanto, foram aplicadas ferramentas da filosofia da manufatura enxuta. Concretamente fez-se uso do Mapeamento do fluxo de valor. Conforme determina esta ferramenta, a análise dos problemas foi iniciada na expedição, para melhor atender demandas de clientes dos produtos. Passando a seguir por todos os processos, de forma contrária ao fluxo de produção, até chegar ao recebimento da matéria-prima. O motivo da adoção desse método foi viabilizar a produção puxada e evitar que o material disponível dite o ritmo produtivo. Os resultados obtidos foram avaliados através dos indicadores propostos nessa metodologia e foi elaborado um mapa do fluxo de valor concluindo o projeto.

**Palavras-chave:** Mapeamento do fluxo de valor. Redução de estoques. Manufatura enxuta. Produção puxada.

## ABSTRACT

LUCCHETTI, Renan E. F. **Increase of continuity in productive chain of diesel motors fuel injector unit of enterprise manufacturer of mechanical components.** 2013. Monograph (Graduation in Mechanical Engineering) – Mechanical Engineering Course, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This paper has described the solution of problems found in a company manufacturer of mechanical components from Curitiba City. The productive chain of fuel injector for diesel systems of this company has presented deficiency in its processes continuity. On the other hand, there was the necessity of increasing the agility of reaction regarding to the productive line before customers orders variation. It has also intended to obtain a reduction of stocks localized between steps of the production line and its respective values of immobilized material. In order of that, has been applied tools of Lean Manufacture Philosophy. Concretely has been done the usage of Value Stream Mapping. As this tool determine, the problems analysis has began in the final product Dispatch, to better attend to the customers' demands. It has proceeded through previous processes, in direction to the incoming of raw material. The reason of the adoption of this method was to make possible the pulled production and avoid that the available material dictate the productive rhythm. The results were evaluated using proposed indicators on this methodology and has been elaborated a Value Stream Map, concluding the project.

**Keywords:** Value Stream Mapping. Stock reduction. Lean Manufacture.  
Pulled production.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ícone de estoque.	23
Figura 2 - Processos isolados	24
Figura 3 - Fluxo contínuo	25
Figura 4 - Comparativo entre estoque convencional e FIFO.	27
Figura 5 - Aplicação da faixa de volume produtivo.	28
Figura 6 - Exemplo de Supermercado utilizando sistema Kanban.	37
Figura 7 – Representação do Cartão Kanban.	39
Figura 8 - Cores e finalidades para os cartões Kanban.	40
Figura 9 – Representação do quadro de retorno (Backflow).	41
Figura 10 - Ícone de Nivelamento.	44
Figura 11 – Representação do Quadro de Nivelamento - Heijunka.	48
Figura 12 – Representação do Gráfico de Pareto de Desvios.	49
Figura 13 – Representação do Histórico de Desvios Mensal.	50
Figura 14 - Tempo para RTloop Idealizado.	53
Figura 15 - WA: Maior Puxada do Cliente dentro do RTloop.	56
Figura 16 - Ícone do Estoque Tipo Geladeira.	58
Figura 17 - Representação da Caixa de Informações para Processos.	59
Figura 18 - Ícone de Necessidade de Melhoria.	61
Figura 19 - Linha de Tempo para Mapeamento do Fluxo de Valor.	61
Figura 20 - Ícones Utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor.	64
Figura 21 - WIP (Work In Process).	70
Figura 22 - Fluxograma de Execução das Etapas do Projeto.	73
Figura 23 - Mapeamento do fluxo de valor para o início do projeto.	79
Figura 24 - Mapeamento do fluxo de valor para metas de melhorias.	81

Figura 25 - Mapeamento do fluxo de valor final do projeto.

103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise de Demanda ABC por Frequência XYZ.	32
Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens do Kanban.	37
Quadro 3 - Matriz de Setups	46
Quadro 4 - Demanda Nivelada.	93
Quadro 5 – Estocagem conforme retirada sobre quantidades niveladas.	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Extrato de Informações do Fluxo de Valor.	62
Tabela 2 - Planilha de Cálculo da Aderência ao Nivelamento.	66
Tabela 3 - Exemplo de planilha para plano de demanda para injetores.	83
Tabela 4 - Extrato do plano demandado para injetores.	84
Tabela 5 - Histórico de frequência de puxada de clientes para injetores.	85
Tabela 6 - Análise da demanda: ABC-XYZ.	86
Tabela 7 - Extrato final de quantidade de itens correntes e exóticos.	87
Tabela 8 - Dimensionamento de supermercado com a matriz RE-LO-WI-SA.	88
Tabela 9 - Preenchimento da planilha de aderência ao nivelamento.	95

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CIC – Cidade Industrial de Curitiba

FIFO – *First In First Out*

K – Número de cartões *Kanban*

LO – Cobertura do Lote ou do Tempo de formação de Lote

LS – Tamanho do Lote para determinado Número de tipo

MFV – Mapeamento do fluxo de valor

NPK – Tamanho do lote do produto (Número de Partes por *Kanban*)

PDCA – *Plan, Do, Check and Act*

PR – Demanda por período para determinado Número de tipo

RE – Cobertura de tempo de reposição de um cartão *Kanban*

RTloop – Tempo total de reposição de um cartão *Kanban*

SA – Cobertura de riscos e flutuações não planejada ou fator de segurança

WA – Puxada planejada máxima dentro de um período de reposição

WI – Cobertura da quantidade da puxada planejada do Cliente

WIP – *Work In Process*

TCT – *Total Coverage Time*

TPO – Tempo de Produção Otimizada

TVA – Tempo de Agregação de Valor

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	CONTEXTO DO TEMA	16
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.3	OBJETIVOS	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	CONTEÚDO E ETAPAS DO TRABALHO	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>21</b>
2.1	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)	21
2.1.1	Estoque	22
2.1.2	Excesso de Produção	23
2.1.3	Processos Isolados e Fluxo Contínuo	24
2.1.4	First In First Out	26
2.1.5	Produção em Sistema Puxado	27
2.1.6	Definição do Supermercado e seu Cálculo dentro da Empresa	29
2.1.7	O uso do cartão <i>Kanban</i> dentro da empresa	35
2.1.8	Quadro de Retorno	40
2.1.9	Nivelamento de Produção	44
2.1.10	Número de Cartões <i>Kanban</i> e Níveis de Segurança de Estocagem	51
2.1.11	Geladeira: Estoque de Produtos Acabados	58
2.1.12	Ícones e Conceitos para o Entendimento do Mapeamento do Fluxo de Valor	59
2.2	INDICADORES PRODUTIVOS E FINANCEIROS	64
2.2.1	Cálculo da Aderência ao Nivelamento	65
2.2.2	WIP ( <i>Work In Process</i> )	69
2.2.3	TCT ( <i>Total Coverage Time</i> )	70
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>72</b>
3.1	METODOLOGIA DE PESQUISA E EXECUÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO	72
3.1.1	Definição dos Objetivos do Projeto	73
3.1.1	Seleção da Empresa Parceira	74
3.1.2	Entendimento da Cadeia de Manufatura	75
3.1.3	Aplicação De Ferramentas De Melhorias	75
3.1.4	Obtenção Dos Resultados A Serem Consolidados	76
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS</b>	<b>77</b>
4.1	UTILIZANDO O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)	77
4.1.1	Mapeamento do Estado Inicial do Projeto	78
4.2	PLANEJAMENTO DO ESTADO FINAL DO PROJETO	80
4.2.1	Implantação do Supermercado	82
4.2.2	Aplicação do Sistema <i>Kanban</i> Adequado ao Supermercado	91

4.2.3	Nivelamento do Processo de Montagem	92
4.2.4	Introdução da Geladeira na Linha de Exames	97
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>98</b>
5.1	A METODOLOGIA PLANEJADA E A REALIZADA	98
5.2	CRONOGRAMA PLANEJADO E O REALIZADO	99
5.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO TRABALHO	99
5.3.1	Consolidação das Melhorias Aplicadas	100
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>105</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>106</b>
	ANEXO A – Aderência ao Nivelamento, janeiro de 2013	107
	ANEXO B – Aderência ao Nivelamento, fevereiro de 2013	108
	ANEXO C – Aderência ao Nivelamento, março de 2013	109
	ANEXO D – Aderência ao Nivelamento, abril de 2013	110

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de produção de bens de consumo atual exige das empresas uma constante atualização de informação e produtos, fazendo com que as mesmas invistam grande quantidade de recursos para esse fim. As dificuldades encontradas na concorrência entre diversas empresas fazem com que os produtos tenham cada vez mais competitividade, sem deixar de lado a qualidade, fator que o consumidor leva em consideração na definição de quem será o seu fornecedor. Para que a qualidade nos produtos seja mantida e a competitividade garantida pelos preços de venda dos produtos, as empresas precisam implantar formas de reduzir os custos internos de produção, procurando manter apenas o que agrega valor ao seu produto.

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo produtivo de componentes mecânicos para sistema diesel, localizada na Cidade Industrial de Curitiba (CIC). Segundo o *website* da multinacional, essa possui uma grande diversidade e está entre as líderes de mercado na maioria dos produtos por ela fabricados. Hoje é uma empresa presente em todos os continentes e em mais de 150 países, possuindo em torno de 300.000 colaboradores. Tem uma taxa de 15 patentes por dia, sendo a 1ª no ranking alemão e 5ª no mundial. Assume o papel de promotora da qualidade de vida através de fornecimento de soluções que sejam, ao mesmo tempo, inovadoras e benéficas. De acordo com a idealização de seu fundador, ela tem a missão de cumprir um contínuo desenvolvimento e o compromisso de atingir um marcante sucesso em longo prazo.

Sua atuação abrange os mais diversos campos da manufatura de bens de consumo, sendo alguns exemplos: eletrodomésticos, ferramentas elétricas, de usinagem, domésticas e profissionais, instrumentos de medição, sistemas de segurança, de captação e aproveitamento da luz solar, de ar condicionado, peças automotivas em todos os segmentos, seja para motores a gasolina/álcool, elétricos e a diesel, desde os mais simples componentes até os mais elaborados.

Este trabalho de conclusão de curso foi realizado na fábrica de componentes para sistemas movidos a diesel de Curitiba, mais concretamente na cadeia de produção de injetores de combustível. Estes componentes são utilizados em

motores de caminhões, ônibus, utilitários e até mesmo de carros. Esse último somente para exportação, devido à legislação brasileira não permitir o uso dessa tecnologia neste tipo de veículo.

Essa cadeia de processos produtivos apresentava a necessidade de melhoria em vários setores de produção dessa unidade injetora de combustível. Esses problemas eram referentes à deficiência no fluxo de produção, ocasionada por: logística ineficiente, falta de planejamento de estoques, inadequado fluxo de materiais nas linhas de produção e precária gestão das informações quanto aos pedidos dos clientes, os processos fabris internos e os pedidos de matéria-prima para os fornecedores.

Estes problemas causavam excesso de estoque em todas as etapas das operações: recebimento de matéria-prima (de fornecedores), áreas entre processos (dentro das linhas de produção) e na expedição para clientes (saída do produto acabado).

## 1.1 CONTEXTO DO TEMA

Em busca de maior rendimento nos lucros, para a cadeia produtiva de injetores de combustível da planta localizada em Curitiba, o projeto procurou dentro da empresa em questão, a oportunidade de aplicar conceitos de produção enxuta e reduções em estoques, onde os setores administrativos e produtivos pudessem ser envolvidos. Esses conceitos são aplicados desde a chegada de matéria-prima dos fornecedores até a expedição de produtos acabados para clientes. Essa ação auxilia a empresa para que continue forte no mercado mundial de componentes mecânicos.

O projeto abrangeu diversos campos da engenharia mecânica. Exigiu, por exemplo: conhecimento de produção, isto é, entendimento das linhas produtivas e das etapas sequenciais da manufatura, Requereu ainda conhecimento na área de projetos, programação concreta de atividades e aplicação de ações futuras, utilizando conceitos de produção enxuta partindo de estados atuais. Também conceitos de tecnologia de informação, que no caso permitiam a compreensão da possibilidade oferecida pelos sistemas e adicionar capacidade para atingir estados

futuros. E, finalmente, logística, pois os clientes e os fornecedores precisam colaborar para efetivarem relações e trocas de informações eficientes. Sem essa ajuda mútua torna-se praticamente impossível prever as necessidades da linha de fabricação, portanto todos os envolvidos nos processos devem estar a par do que os parceiros de negócio necessitam.

As ferramentas de melhoria da gestão da produção que são estudadas e efetivadas neste trabalho, podem fazer com que a empresa se destaque na competitividade de seu ambiente de negócio, principalmente na produção dos injetores de combustível. Partindo das lições aprendidas com as conquistas e erros cometidos, a fábrica e a empresa como um todo, poderão no futuro aplicar o conhecimento adquirido em outras cadeias de produção.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O intuito deste trabalho foi tratar do problema do excesso de estoque e falta de continuidade no fluxo de processos, com isso, pôde-se reduzir imobilização de recursos. Encontrar maneiras de enxergar as fontes desses desperdícios caracteriza o início do entendimento da necessidade do aumento da continuidade na cadeia de agregação de valor ao produto. Com o passar do tempo os pontos mais afetados pela deficiência do planejamento de produção apontavam para outros problemas que necessitam de atenção, até ser atingido um nível de continuidade entre as etapas de manufatura que se aproxime do ideal. Esse patamar é quase impossível de ser atingido. Portanto o trabalho é iterativo, contra as más utilizações dos recursos disponíveis.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto foi implantar em uma empresa do ramo metalúrgico, técnicas de produção enxuta em cadeia produtiva de injetores de combustível para motores movidos a diesel.

Os objetivos específicos foram:

- a) Obter a compreensão dos problemas das linhas de produção;
- b) Aplicar técnicas de produção enxuta de forma global para seguir os pontos específicos das etapas de agregação de valor ao produto;
- c) Empregar indicadores produtivos e financeiros, e avaliar os beneficiamentos que puderam ser implantados no decorrer dos processos de melhorias.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

O problema em questão é real e foi identificado durante a elaboração da proposta para esse projeto, dessa forma, o trabalho se justifica principalmente pela concreta necessidade de melhorias. Os problemas foram detectados a partir de informações fornecidas pelos responsáveis da empresa, que se disponibilizaram a fornecer os dados pertinentes desde que se mantivesse a confidencialidade das informações empresariais.

Outra justificativa foi o interesse da empresa nesse projeto, motivada pela possibilidade de redução dos custos de produção, de melhoria da continuidade das linhas produtivas e conseqüentemente, um aumento nos lucros.

Além disso, conforme já citado, o trabalho abordou vários temas dentro da Engenharia Mecânica, dentre eles:

- Produção: no entendimento das linhas produtivas e das etapas sequenciais da manufatura, assim como na utilização de conceitos de manufatura enxuta a partir dos estados atuais;
- Tecnologia de informação: na compreensão das possibilidades oferecidas pelos sistemas atuais e da capacidade de adição de eficiência em futuros estados;
- Logística: na reconfiguração dos padrões de recebimento dos fornecedores, de expedição aos clientes e de trocas de informações logísticas.

O projeto pôde abranger uma multidisciplinaridade maior no decorrer de seu desenvolvimento, pelo fato de ser inserido em um globalizado meio de produção de componentes mecânicos. E também, pelo relacionamento e troca de informações com um significativo grupo de engenheiros, colaboradores internos, fornecedores e clientes finais.

Por parte do autor, a motivação principal veio da possibilidade de aplicar os conhecimentos específicos, adquiridos no curso de Engenharia Mecânica, dentro de uma multinacional que dispõe de excelentes profissionais, agregando assim, conhecimento e valor para o seu futuro profissional como engenheiro. As pesquisas e informações coletadas tem o objetivo de proporcionar uma ideia de como são compostos os processos de obtenção de produtos, complementando a formação curricular.

## 1.5 CONTEÚDO E ETAPAS DO TRABALHO

A seguir é descrito brevemente o conteúdo de cada uma das seções desse trabalho.

- A seção dois apresenta a fundamentação teórica das ferramentas capazes de tratar dos problemas apresentados pela cadeia de manufatura de injetores de combustível para sistemas movidos a diesel.

- A seção três indica os procedimentos metodológicos utilizados no projeto.
- A quarta seção descreve a aplicação dos métodos, técnicas e ferramentas abordados no capítulo três para a obtenção do aumento da continuidade da cadeia produtiva, redução de estoques e seus respectivos custos.
- A seção cinco apresenta os resultados obtidos pelo projeto. Compara o que havia sido previsto com o que foi efetivamente atingido, mediante a execução do trabalho.
- A sexta seção apresenta as conclusões e alguns comentários referentes ao trabalho desenvolvido nessa monografia.
- A última seção lista as referências bibliográficas utilizadas na execução de todo o projeto.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A partir dos problemas de excesso de estoque e falta de continuidade no fluxo dos processos, descritos no item 1.2 deste trabalho, buscou-se uma forma de utilizar as principais ferramentas da filosofia de manufatura enxuta. A maneira encontrada para englobar essas diversas teorias foi o Mapeamento do fluxo de valor.

Segundo Rother e Shook (2003) a maneira mais adequada de solucionar o problema da falta de continuidade entre as etapas de cadeias produtivas é com o emprego da ferramenta Mapeamento do fluxo de valor (MFV), enxergando todos os processos desde os fornecedores até os clientes finais.

Para Liker e Méier (2007), o mapeamento do fluxo de valor é mais que uma boa ferramenta para produzir quadros que destacam perdas. Ela ajuda a visualizar redes de processos e a prever futuros fluxos de valor mais enxutos.

### 2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

Ainda de acordo com os autores Rother e Shook (2003), o fluxo de valor é toda ação que, agregando ou não valor, é necessária para produzir um produto que passe por todos os fluxos essenciais da sua linha de produção. Em outras palavras, o fluxo de valor de produção se inicia na extração da matéria-prima e se conclui na entrega do bem final ao consumidor.

O ponto de partida para obter uma mentalidade enxuta (*Lean thinking*) é a definição de valor. O valor somente pode ser definido pelo cliente final. Um produto tem valor para o cliente se atender as suas necessidades, a um preço específico e em um tempo específico (WOMACK; JONES, 2003).

Segundo Rother e Shook (2003) a visão mais ampla da cadeia produtiva facilita a identificação das fontes de desperdício. Essa identificação mostra onde podem ser implantadas melhorias, apontando para os processos ineficientes.

O Mapeamento do fluxo de valor ajuda a enxergar de maneira ampla a cadeia de processos dentro de uma empresa. A aplicação da ferramenta ajuda a impedir

que se realizem práticas isoladas de melhorias, ou seja, deve-se considerar a cadeia de manufatura como um todo ao se projetar uma melhoria. O Mapeamento do fluxo de valor utiliza princípios da produção livre de desperdícios para projetar e alcançar seus objetivos. No fluxo de chão de fábrica, os materiais que compõem as peças são muito importantes para obter sucesso na entrega de produtos aos clientes. Sem esses materiais, a fabricação é impossível. Por isso é necessário vinculá-los ao fluxo de informação. Essa relação cria harmonia entre os materiais e os processos que irão utilizá-los.

Para Rother e Shook (2003) quando se busca o estado enxuto na produção, a ferramenta do Mapeamento do fluxo de valor deve ser utilizada várias vezes. Esse estado totalmente enxuto é considerado como impossível de ser atingido. Seria uma cadeia produtiva livre de desperdícios. De acordo com Liker e Méier (2007) a ferramenta do Mapeamento do fluxo de valor utiliza dois mapas: o mapa do estado atual e o mapa do estado futuro. O primeiro é gerado procurando retratar a situação atual dos processos e do fluxo de materiais. O mapa do estado futuro indica as metas a serem atingidas, após a definição e aplicação das melhorias. O ciclo pode ser repetido até que não seja mais interessante desprender mais recursos para aquele grupo de produtos. Nessa situação outros produtos que apresentem vulnerabilidade no mercado serão foco da ferramenta de mapeamento.

Para o melhor entendimento teórico da ferramenta de Mapeamento do fluxo de valor, serão aqui dispostas em subitens algumas definições que compõem a filosofia de manufatura enxuta. Essas definições são feitas sobre as etapas dos processos produtivos, ou seja, sobre as situações reais presentes no chão de fábrica. Dessa forma, buscam-se possíveis formas de se solucionar problemas com produção ineficiente. A apresentação das definições dos conceitos é descritas na sequência.

### 2.1.1 Estoque

O estoque é uma ferramenta de suma importância para o funcionamento da empresa, pois com o uso desse se armazena materiais produtivos e também a

produção pronta que será destinada a um cliente final. Porém muitas vezes é difícil não acumular materiais no estoque. Sendo que os custos de manutenção de estoque têm muita influência sobre o valor final dos itens acabados de uma cadeia de manufatura. Por outro lado, este acúmulo beneficia a produção em pontos que não podem parar por falta de material produtivo, mas pode ser um grande problema, se for programado de maneira errada (ROTHER; SHOOK, 2003).

A Figura 1 a seguir apresenta o ícone de estoque no mapeamento do fluxo de valor:



**Figura 1 - Ícone de estoque.**

**Fonte: Modificado de Rother e Shook, 2003, p. 20.**

### 2.1.2 Excesso de Produção

Conforme Rother e Shook (2003), o excesso de produção causa aumento nos níveis de estoques entre processos e até mesmo de produtos acabados. Esse aumento acontece quando o processo fornecedor (exatamente anterior ao estoque) produz mais rápido ou um volume maior do que o necessário para atender seu cliente (processo posterior ao estoque).

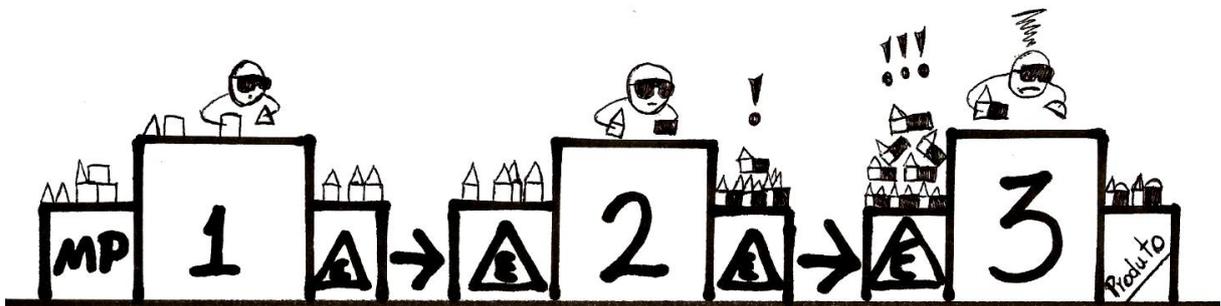
Muitas vezes a produção em massa nos dá a falsa impressão que produzir mais, significa obter maior lucro. Porém, se um produto fica imobilizado como estoque, este não contribui na geração de valor para a empresa. Por essa razão, segundo o mesmo autor, sabe-se que um produto acabado que não é retirado pelo cliente final, caracteriza o conceito de excesso de produção.

O material imobilizado em estoques gera ocupação indevida de espaço físico e caracteriza a produção em excesso. Esses estoques são considerados desperdícios de recursos que poderiam ser aplicados em outros setores da empresa. Serão apresentadas diversas maneiras de se lidar com esses problemas na continuação deste trabalho.

### 2.1.3 Processos Isolados e Fluxo Contínuo

Para Rother e Shook (2003), a melhor maneira de se compreender como se formam estoques entre processos isolados é ilustrada pela Figura 2. Nela, se o primeiro processo produzisse um lote maior que a necessidade do segundo, seria caracterizada a falta de comunicação entre as etapas. Conseqüentemente, se a mesma situação acontecer entre os processos seguintes, o problema tende a aumentar.

A manutenção da relação de trocas de informação entre o material e o processo produtivo, é muito importante para que sejam evitados os problemas de excesso de estoque.

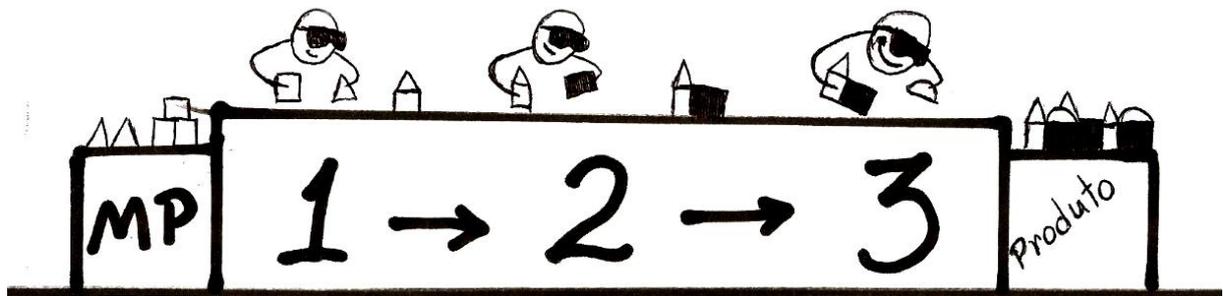


**Figura 2 - Processos isolados**

Fonte: Modificado de Rother e Shook, 2003, p. 45.

Os processos isolados também podem ser chamados de “Ilhas”. Estas geram desperdícios e uma demanda maior de operadores na linha de produção. Esse aumento da demanda não programado, pode gerar insatisfação dos funcionários responsáveis pela produção e que muitas vezes passam líderes, que diariamente, estão focados em metas de produção, e podem acabar deixando de lado a realidade do chão de fábrica.

A maneira mais eficaz de se obter resultados de melhorias para os casos de processos isolados é a implantação do fluxo contínuo, onde várias etapas se transformam em um só processo. Na Figura 3 pode-se verificar que o excesso de produção e o aumento de estoque são praticamente eliminados. Quando esse fluxo se comunicar de maneira efetiva com ambos os sentidos da linha, a harmonia produtiva pode ser considerada próxima da ideal (ROTHER; SHOOK, 2003).



**Figura 3 - Fluxo contínuo**

Fonte: Modificado de Rother e Shook, 2003, p. 45.

Liker e Méier (2007) aconselham que seja criado o maior número possível de fluxos contínuos em uma cadeia produtiva. A partir da ampla visão proporcionada pelo mapa do fluxo de valor, é possível encontrar pontos para a redução de estoques e prevenção contra excesso produtivo.

#### 2.1.4 First In First Out

O acrônimo em inglês FIFO (*First In First Out*) significa Primeiro a Entrar Primeiro a Sair. O termo é sugestivo, pois o primeiro item a entrar nesse tipo de estoque, é o primeiro a ser disponibilizado para as etapas posteriores. Esse procedimento caracteriza a rastreabilidade produto (LIKER; MEIER, 2007).

Para obter-se um melhor entendimento sobre a definição da ferramenta, Rother e Shook (2003) adotam uma canaleta inclinada como exemplo. Nela esferas numeradas em ordem crescente são colocadas na extremidade mais alta, assim, na saída mais baixa são coletadas as esferas na mesma ordem. Dessa maneira, o FIFO auxilia o controle de produção e indica a ordem sequencial que determinado item deve ser fabricado. Com a utilização dessa ferramenta, é possível que o cliente sempre obtenha os produtos que ficaram menos tempo parados durante a sua fabricação.

O FIFO pode ser uma boa alternativa a ser empregada nos pontos da manufatura que não podem aderir ao fluxo contínuo. Essa alternativa pode criar um estoque controlador de produto e de produção. De modo que:

- a) O produto pode ser rastreado. O primeiro item que o processo fornecedor produz é recebido pela etapa seguinte.
- b) A produção se torna controlada. O FIFO dita o ritmo em que seus processos anteriores trabalham. De modo que, o processo fornecedor deve parar a produção ou alternar o tipo de produto a ser fabricado, no momento em que o volume necessário deste item seja alcançado. O excesso de produção é praticamente nulo.

Na Figura 4 é possível observar a diferença entre o estoque convencional e o estoque FIFO.

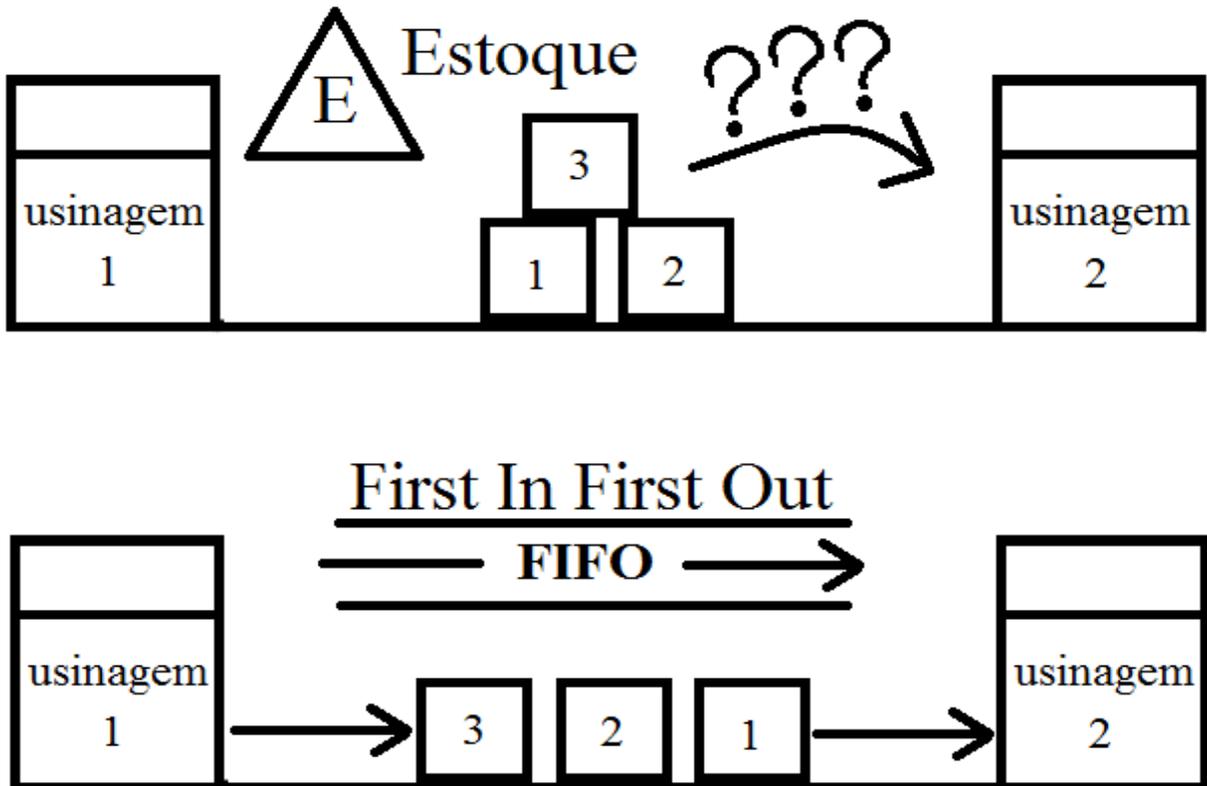


Figura 4 - Comparativo entre estoque convencional e FIFO.

Fonte: Autoria Própria.

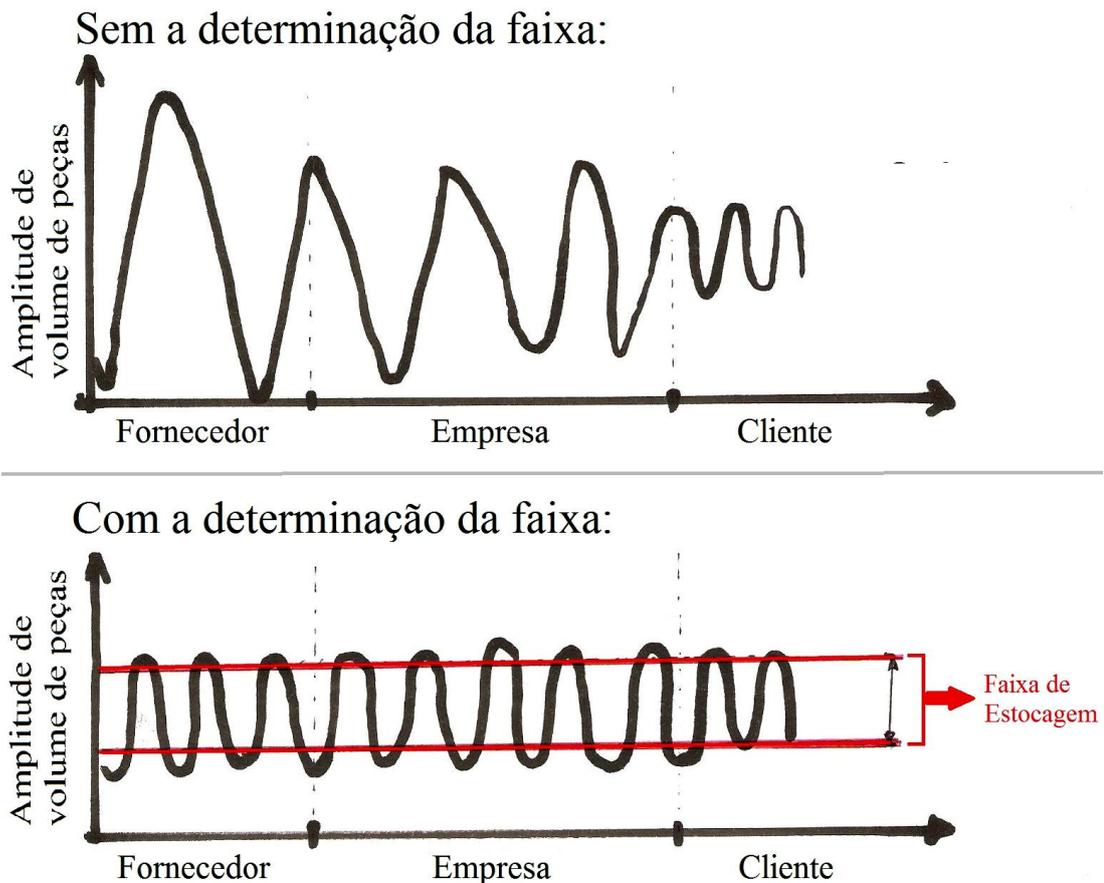
#### 2.1.5 Produção em Sistema Puxado

Segundo Rother e Shook (2003), o cliente deve ser o puxador da produção para se evitar o excesso produtivo e também perda de espaço ocupado por estoque desnecessário. Em outras palavras, a demanda do consumidor final determina o nível de produção dos produtos, que somente deverão estar disponíveis quando o consumidor precisar.

Para os mesmos autores, o processo de previsões sem erros, baseadas em históricos é uma idealização de estado perfeito, pois os pedidos dos clientes irão sempre variar de forma descontrolada. Esses históricos devem ser utilizados de maneira a criar uma faixa de normalização de volume. Essa faixa fornece uma noção do que realmente acontece com a demanda dos clientes por determinado produto acabado. Se esses limites forem extrapolados, os estoques terão os níveis muito

altos ou muito baixos e não será garantida a demanda total e o consumidor ficará sem produto.

Na Figura 5 observa-se como é importante determinar a faixa de estocagem para amortecer o efeito da influência de pedidos aleatórios. Com a ajuda dessa técnica pode-se aumentar a habilidade de reações perante mudança inesperada na programação.



**Figura 5 - Aplicação da faixa de volume produtivo.**

Fonte: Autoria Própria.

Os planejadores logísticos da empresa em que o trabalho foi executado, afirmavam que a fábrica precisava se adequar às necessidades dos clientes. Para aumentar a confiança nas previsões de demanda, a troca de informação entre a empresa e os clientes é fundamental.

O atendimento da demanda é programado a partir de dados e fatos concretos. Ele pode ser feito por meio de um estoque inteligente e dinâmico. Este tipo de estoque retorna às linhas de produção as informações do que é preciso fabricar. Dessa forma, as etapas mais próximas da expedição puxam a produção. Caso a matéria prima disponível ditasse o ritmo da cadeia de manufatura, o sistema seria empurrado.

#### 2.1.6 Definição do Supermercado e seu Cálculo dentro da Empresa

Para Rother e Shook (2003), o Supermercado é aplicado a fim de se eliminar os estoques não controlados de produtos acabados. O cálculo do Supermercado minimiza os efeitos causados pelas flutuações em termos de quantidade de produtos nos pedidos de clientes. A aplicação dessa ferramenta é útil para barrar flutuações das quantidades demandadas por pedidos, evitando que se alastrem para as etapas produtivas posteriores. Havendo um estoque controlado onde a retirada de produtos gera imediatamente a ordem produtiva, o planejamento pode se basear na necessidade de abastecimento desse Supermercado para programar as etapas anteriores, evitando assim, excessos produtivos.

O Supermercado é uma maneira muito útil para se controlar a expedição e alguns processos entre si. De acordo com a definição de Supermercado encontrada em Rother e Shook (2003), foram destacadas algumas situações em que uma empresa possa optar pelo emprego dessa ferramenta:

- Quando a empresa possuir algum processo que é projetado para operar em tempo de ciclo muito rápido. A alternância entre tipos de itens são feitas para atender as múltiplas famílias de produtos. Por exemplo, as etapas de estamperia ou injeção. Estes processos conseguem fabricar grandes quantidades de peças em curto tempo, e precisam trocar as ferramentas utilizadas na fabricação dos diferentes tipos de peças.

- A expedição da empresa se encontra muito distante de seu cliente e o transporte de uma peça de cada vez não é realista.

Conforme enunciado pelos manuais da empresa, BPS Manuals (2011), a empresa deve adequar-se sempre as necessidades dos clientes de forma a conseguir a normalização das quantidades ideais a serem produzidas. Para que o cálculo do Supermercado seja realizado corretamente, é preciso que haja previamente uma troca de informações segura entre a logística da empresa e os consumidores, de forma garantir a exatidão das previsões da demanda. O cálculo do Supermercado deve prever a quantidade de produtos nos estoques, baseando-se em históricos de retirada e nas demandas futuras oriundas de pedidos de clientes. A partir desses dados os produtos podem ser classificados como correntes ou exóticos segundo a definição dada no item 2.1.6.1. Após essa classificação, é preciso fazer uma análise da capacidade de produção existente na empresa, em termos de tempo e de quantidade de injetores diferentes a serem fabricados. Essa última análise tem como objetivo levantar os seguintes pontos que influem no cálculo do Supermercado e que serão aprofundadas no item 2.1.6.2:

- Tempo total existente para trabalho dentro de um mês;
- Tempo de produção otimizado (TPO);
- Tempo disponível para produção efetiva;
- Tempo necessário à produção;
- Quantidade de diferentes modelos de injetores produzidos em um dia.

Sintetiza-se o cálculo do Supermercado em quatro itens:

- a) Obtenção das quantidades e frequência de retiradas de produtos por parte dos clientes tomando por base os dados históricos de estoque;
- b) Classificação dos produtos em correntes e exóticos;

- c) Definição da capacidade produtiva em termos de tempo e quantidades de *setups*;
- d) Definição do número de cartões *Kanban* e níveis de segurança de estocagem.

O resultado do cálculo do Supermercado é dado em número de cartões *Kanban*, essa ferramenta será descrita posteriormente nessa monografia. Dessa forma, a definição desses números de cartões *Kanban* utilizados dentro da empresa conclui o cálculo das quantidades controladas neste tipo de estoque. Essas quantidades de cartões serão utilizadas para gerar a confiança de estocagem, garantindo que não serão imobilizadas grandes quantidades de itens acabados e que os clientes sempre serão atendidos conforme suas necessidades.

#### 2.1.6.1 *Classificação dos Produtos em Correntes e Exóticos*

Como explicado anteriormente, para classificar os produtos em Correntes e Exóticos, é necessário empregar o histórico de retirada de produtos acabados. A partir dessa classificação é possível efetuar o cálculo do Supermercado. Sendo que os correntes são os injetores que possuem maiores demanda planejada e frequência de retiradas. Os exóticos são o oposto a essa definição.

Segundo os manuais da empresa sobre controle de produção, BPS Manuals (2011), para o início deste cálculo é necessário extrair o histórico das quantidades e frequências de retirada dos produtos. Essas informações são buscadas nos sistema de dados já existente na empresa. Esses históricos além de ilustrarem a fidelidade dos consumidores, também proporcionam a visão de quais injetores representam maior influência sobre a cadeia produtiva em termos financeiros. Com isso, é possível realizar a classificação dos produtos entre correntes e exóticos.

Como forma de definir claramente a demanda dos produtos a fim de classificá-los posteriormente em correntes ou exóticos, é utilizada mensalmente na empresa uma ferramenta denominada de Análise ABC-XYZ, que serve para

classificar mais detalhadamente o nível de demanda. Sendo que o conjunto de letras “ABC” ilustra o volume de produtos da demanda futura dos clientes, onde “A” representa um volume alto, “B” médio e “C” baixo.

Já a análise de frequência “XYZ” representa as frequências de retiradas de produtos pelos clientes, sendo que a letra “X” representa os produtos retirados periodicamente, a letra Y os retirados em intervalos flutuantes e a letra “Z” os retirados em intervalos irregulares.

O Quadro 1 a seguir ilustra resumidamente como é feita a classificação dos produtos.

Frequência de puxadas passadas	Quantidades em demandas futuras		
	A Alto Volume	B Médio Volume	C Baixo Volume
X Periódico	Corrente	Corrente	Corrente/Exótico
Y Flutuante	Corrente	Corrente/Exótico	Exótico
Z Irregular	Corrente/Exótico	Exótico	Exótico

#### Quadro 1 - Análise de Demanda ABC por Frequência XYZ.

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

No Quadro 1 as variáveis “ABC” que representam o volume estão apresentadas na horizontal e as variáveis XYZ que representam as frequências de retiradas são apresentadas verticalmente. Abaixo, segue o resultado das combinações, sendo que essa tabela pode ser utilizada para qualquer empresa e não somente na estudada nesse projeto:

- Alto Volume e retiradas periódicas são classificados como Corrente;
- Alto Volume e retiradas flutuantes são classificados como Corrente;
- Alto Volume e retiradas irregulares podem ser classificadas como Corrente ou Exótico;
- Médio Volume e retiradas periódicas são classificados como Corrente;

- Médio Volume e retiradas flutuantes podem classificadas como Corrente ou Exótico;
- Médio Volume e retiradas irregulares são classificadas como Exótico;
- Baixo Volume e retiradas periódicas são classificados como Corrente ou Exótico;
- Baixo Volume e retiradas flutuantes podem classificadas como Exótico;
- Baixo Volume e retiradas irregulares são classificadas como Corrente;

A diagonal do quadro mostra a nomeação “Corrente/Exótico”, esta é aplicada às situações em que haja a necessidade de decisão estratégica para estoque do item. Estas decisões envolvem cargos do planejamento produtivo e a diretoria da fábrica. Os dados adquiridos após avaliação e classificação dos produtos, são um fator determinante para se calcular o Supermercado. O plano produtivo que será explicado mais adiante neste trabalho também depende deste procedimento.

#### 2.1.6.2 *Tempos Produtivos e Diferentes Tipos a Serem Fabricados*

A apresentação dos conceitos a seguir proporciona o entendimento de importantes dados utilizados nos cálculos do planejamento produtivo. Estes são fundamentais tanto para o Supermercado quanto para o Nivelamento da produção. Ambos serão explicados posteriormente também.

A pesquisa teórica das informações abaixo foi extraída dos manuais disponibilizados pela empresa em que este projeto foi executado, BPS Manuals (2011). Os conceitos são interconectados, ou seja, a partir do primeiro conceito é possível calcular o segundo e assim sucessivamente. Esses conceitos são:

a) Tempo total existente para trabalho dentro de um mês: esse conceito considera o tempo total em minutos dos turnos de trabalho dos dias úteis dentro de um mês.

b) Tempo de produção otimizado (TPO): esse é o tempo disponível à produção idealizada. Deve ser informado pelo time responsável pela manufatura efetiva. O cálculo do TPO mensal é feito descontando-se, do tempo total, os tempos necessários às paradas programadas, conforme mostra a Equação (1). Estas pausas na produção se referem, na maioria dos casos, à manutenção preventiva da linha de manufatura e às refeições, por exemplo, uma hora de almoço ou uma hora de jantar.

$$\text{TPO} = \text{Tempo total existente para trabalho dentro de um mês} - \text{paradas programadas} \quad (1)$$

O TPO diário em minutos é definido dividindo-se o TPO total do mês pela quantidade de dias úteis trabalhados. Esta informação é recebida pelo time de planejamento produtivo e utilizada na Equação do cálculo do supermercado que será definida posteriormente.

c) Tempo disponível para produção efetiva: caracteriza a capacidade produtiva real. Para tanto, desconta-se do TPO, os tempos relacionados às perdas oriundas de baixo desempenho na linha de manufatura. Essas perdas estão relacionadas à ineficiência produtiva e retrabalhos devido à baixa qualidade de produtos acabados, e também são relacionadas a paradas não planejadas, como quando ocorre a quebra de uma ferramenta e acidentes em geral. Este tipo de tempo perdido é definido através do entendimento de acontecimentos passados, ou seja, os líderes responsáveis pela produção efetiva se baseiam em sua experiência para estabelecer o quanto será descontado do TPO devido às perdas não planejadas.

d) Tempo necessário à produção: o conceito demonstra a quantidade de tempo necessária para produzir a demanda diária de injetores da empresa. Nessa atividade, calcula-se o tempo necessário para a finalização da montagem de um injetor, em outras palavras, de quanto em quanto tempo sai um injetor finalizado da linha de manufatura.

O cálculo é feito pela multiplicação da quantidade demandada no dia, pelo intervalo médio necessário para a fabricação completa de um injetor. Este tempo é dado em minutos.

e) Quantidade de diferentes modelos de injetores produzidos em um dia: com a definição da quantidade de tempo necessária à produção, definida anteriormente, é possível estabelecer o tempo necessário para a realização dos *setups* para o dia de trabalho. *Setups* são as trocas de ferramentais e ajustes necessários para que se possam alternar os modelos de injetores a serem fabricados pela linha de montagem.

O cálculo para encontrar este tempo reservado para os *setups* diários é feito tomando o tempo disponível para a produção efetiva e subtraindo o tempo necessário à produção.

O resultado dessa subtração é dividido pela média do tempo de execução de um *setup*, que é dada em minutos, assim se encontra o número de *setups* possíveis a serem realizados para um dia de trabalho, em outras palavras, este valor demonstra quanto modelos de injetores diferentes podem ser fabricados para um mesmo dia.

A Equação (2) mostra como encontrar a quantidade de diferentes tipos injetores a serem produzidos um dia de trabalho.

$$\frac{\text{Capacidade diária disponível para } \textit{setup} \text{ com base no dia de trabalho}}{\text{Tempo gasto para um } \textit{setup}} = \text{Número de tipos possíveis de produtos para um dia de trabalho} \quad (2)$$

### 2.1.7 O uso do cartão *Kanban* dentro da empresa

De acordo com Nicodemo (2009), *Kanban* significa "cartão visual" em japonês, sendo que na maioria das empresas, é realmente um cartão com

informações sobre o produto. A maioria das aplicações dessa ferramenta se refere às atividades de chão de fábrica. Por esse motivo o termo passou a ser considerado sinônimo de gestão visual da produção.

*Kanban* é um sistema de gestão visual da produção que tem por objetivo:

- a) Viabilizar o sistema puxado através da visualização imediata da demanda real do processo cliente;
- b) Controlar os níveis de estoque, mantendo-os dentro dos padrões pré-estabelecidos;
- c) Permitir o acompanhamento do ritmo da produção em relação ao ritmo de consumo do cliente, evitando excesso produtivo e geração de estoques desnecessários.

Segundo Rother e Shook (2003), existem dois tipos de cartões *Kanban*, o de Produção e o de Retirada, formando um par idêntico de cartões. Estes são utilizados para gerenciar a produção e o fluxo de materiais.

O *Kanban* de produção é o cartão que autoriza a fabricação de determinada quantidade de um item. Um número fixo de cartões circula no sistema entre os processos do fornecedor e cliente (NICODEMO, 2009). Sempre que um lote é produzido um cartão é fixado no mesmo. Este lote segue para a etapa seguinte. Assim, quando o cliente consome essa quantidade de itens, o cartão *Kanban* de produção retorna ao processo fornecedor autorizando a produção para reposição dos níveis de estoque (ROTHER; SHOOK, 2003).

O *Kanban* de retirada autoriza a movimentação física do estoque. A quantidade de cartões é fixa entre o processo fornecedor e cliente. A retirada de peças do supermercado do processo fornecedor acontece através deles (NICODEMO, 2009). Os cartões são fixados nos lotes. O cartão de produção é posto em substituição ao cartão de retirada. Quando acontece o consumo de peças os cartões de retirada indicam a “compra” de material do supermercado do processo fornecedor (ROTHER; SHOOK, 2003).

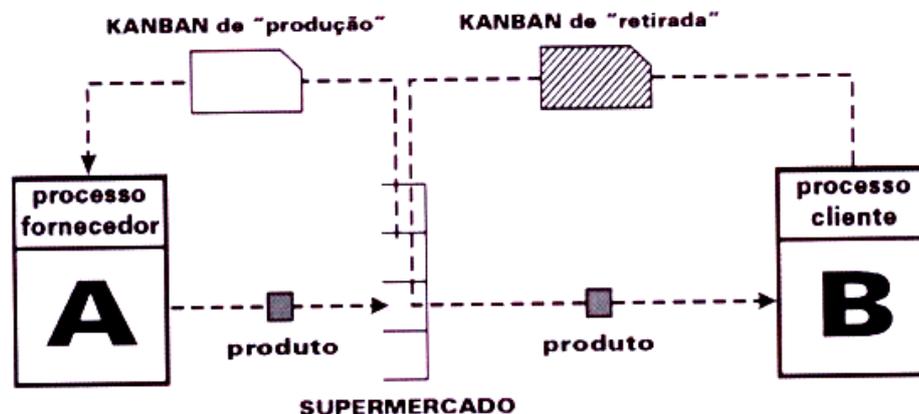
O Quadro 2 a seguir mostra as vantagens e desvantagens de se fazer uso do sistema *Kanban* segundo Cunha (2013):

Trata de um item isoladamente, não repassa erros de parâmetros ou de cadastros.	Não integra informações do futuro.
Por se tratar de um sistema de cartões, se baseia no estoque físico. Menos suscetível a diferenças de inventário.	Flexibilidade limitada ao dimensionamento do estoque.
Repõe a quantidade consumida, não há risco de compra exagerada de materiais.	
Simplicidade: necessita análise e acompanhamento de somente dois parâmetros (consumo e tempo de fabricação)	

**Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens do Kanban.**

Fonte: Modificado de Cunha, 2013, p. 02.

Dentro de um sistema de produção puxada, ou seja, que a demanda do cliente gera informação de produção, pode ocorrer aplicação conjunta do supermercado com o *Kanban* que leva a informação do que foi consumido pelos clientes e o que deve ser produzido pela fábrica. A dinâmica da relação entre o *Kanban* e o supermercado é ilustrada pela Figura 6.



**Figura 6 - Exemplo de Supermercado utilizando sistema Kanban.**

Fonte: Rother e Shook, 2003, p. 46.

A generalização feita na Figura 6 mostra o funcionamento do sistema *Kanban* aplicado a um supermercado entre dois processos. Nesta integração, quando a etapa cliente faz uma Retirada para atender sua necessidade, o cartão de retirada registra que foi extraído certo volume de itens. Posteriormente, o processo fornecedor, recebe a informação de que existe a necessidade de reabastecer o supermercado.

Conforme enunciado por Rother e Shook (2003), a utilização dessas ferramentas em conjunto, o supermercado e o *kanban*, garante que a informação exata do que deve ser produzido, será repassada. Deste modo, pode-se controlar a produção sem tentar prever as necessidades dos processos posteriores. Por esse motivo o ícone de supermercado tem a abertura voltada para o fornecimento.

O Cálculo do supermercado é dado para cada modelo de injetor corrente em número de cartões Kanban, conforme se comentou anteriormente. O motivo para este resultado ser encontrado em número de cartões está ligado ao fato de que cada cartão representa uma determinada quantidade de injetores acabados. Encontra-se assim, o total de unidades estocadas no supermercado quando o número de cartões é multiplicado pela quantidade de injetores presente em cada cartão.

O cartão *Kanban* que contém informações úteis do produto para processo de produção, é gerado no momento da utilização de um material. A melhora na comunicação entre as etapas da manufatura, ocasionada pela presença deste cartão, faz com que ocorra a diminuição dos estoques associados aos processos produtivos, conseqüentemente, o esforço para se realizar o planejamento e controle da produção é minimizado.

Os cartões *Kanban* portam as informações necessárias à comunicação entre os processos, conforme descrito anteriormente. A Figura 7 mostra um exemplo de cartão *Kanban* utilizado dentro da empresa:

Cartão <i>Kanban</i>				
(1) Número de tipo	(2) Descrição			(1) Número de tipo
(3) Fornecedor	(4) Cliente			
(5) Quantidade	(6) Unidade	(7) Tipo de Embalagem		
(8) Dados do fornecedor / Uso local	(9) Código de barras			
	(10) Cronograma de Expedição	(11) No. Do cartão	(12) Emitente	(13) Data

**Figura 7 – Representação do Cartão Kanban.**

Fonte: Cartão utilizado pela empresa.

Na figura anterior, são representadas as seguintes informações contidas no cartão *Kanban*:

a) Campos obrigatórios ao preenchimento:

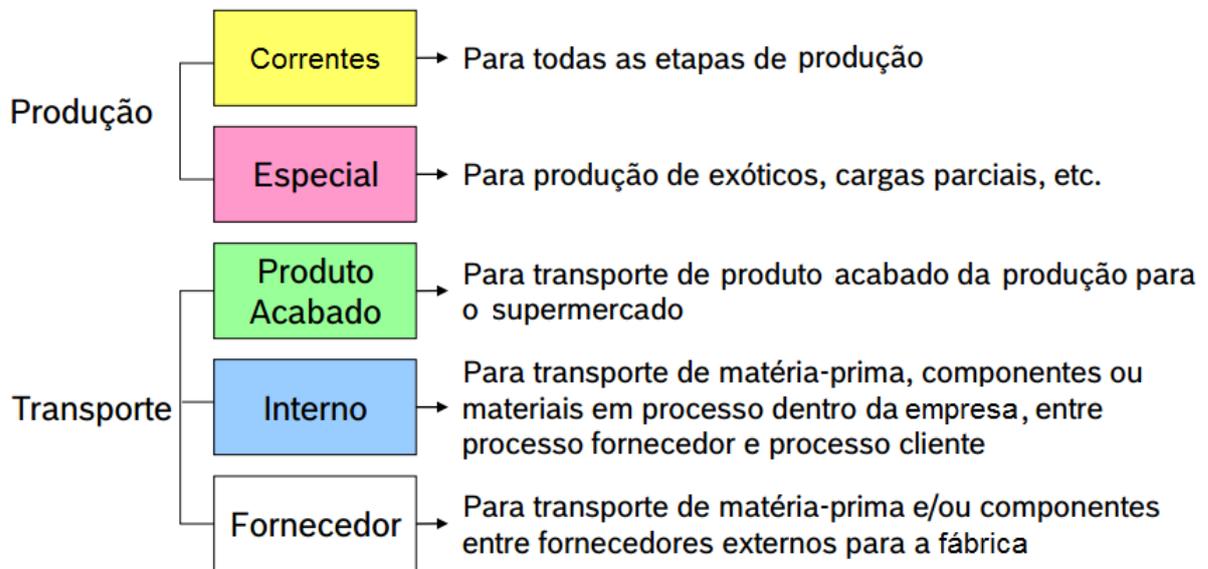
- (1) Número de tipo
- (2) Descrição
- (3) Fornecedor
- (4) Cliente
- (5) Quantidade
- (6) Unidade
- (7) Tipo de Embalagem
- (11) No. do cartão.
- (12) Emitente
- (13) Data

b) Campos opcionais ao preenchimento:

- (8) Dados do fornecedor/Usos locais
- (9) Código de barras
- (10) Cronograma de expedição

Existem dois tipos de cartões *Kanban*, o *Kanban* de produção que é o cartão que autoriza a fabricação de determinada quantidade para um item e o *Kanban* de transporte autoriza a movimentação física do estoque.

Os dois tipos de cartões são classificados para diferentes finalidades. Cada utilização recebe uma cor distinta, como mostrado na Figura 8:



**Figura 8 - Cores e finalidades para os cartões Kanban.**

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

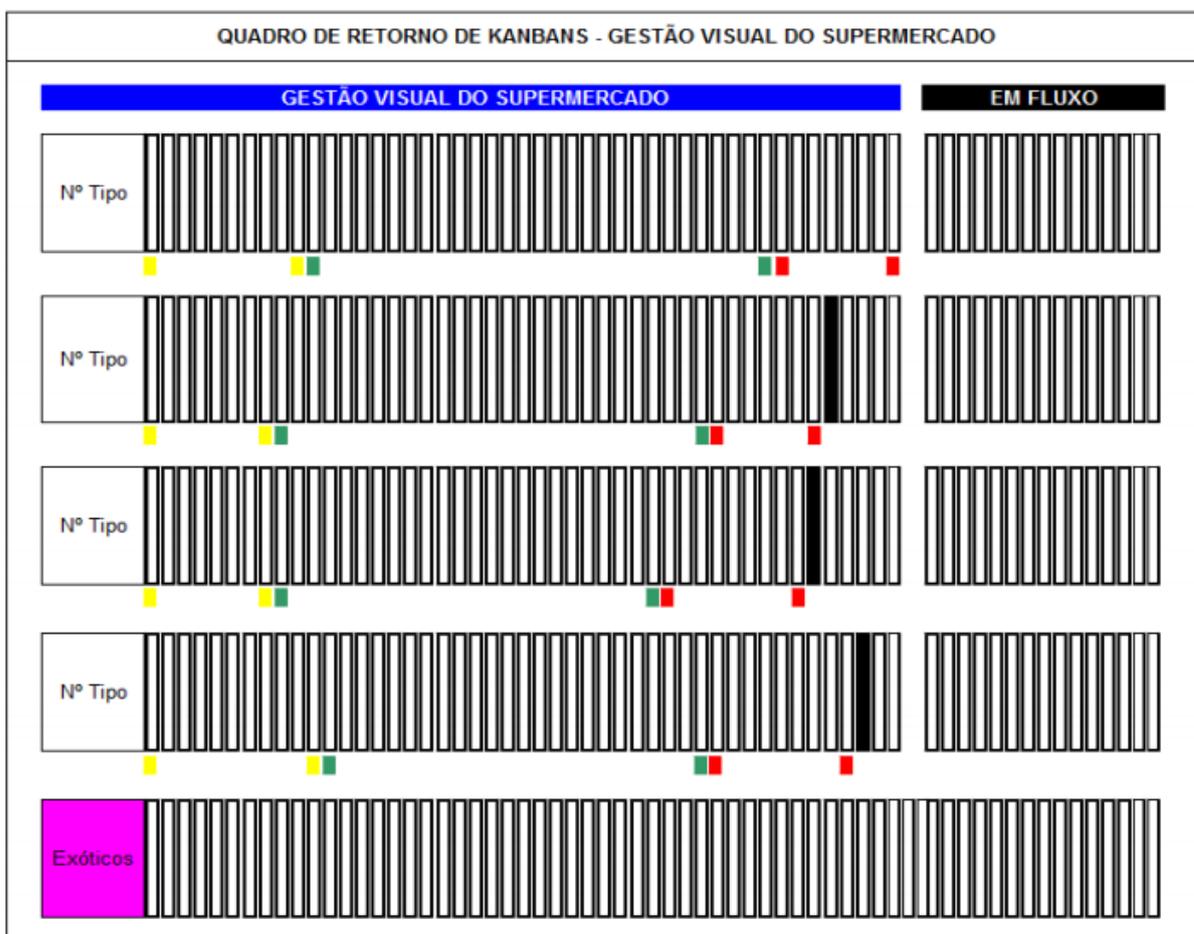
### 2.1.8 Quadro de Retorno

O quadro de retorno, também conhecido pelo nome em inglês *backflow*, é uma ferramenta que recebe todos os cartões *Kanban* de produtos acabados oriundos do supermercado. É importante por apresentar à linha produtiva, a informação dos modelos de injetores que serão planejados em breve para a linha de montagem. (BPS Manuals, 2011).

Segundo os manuais disponibilizados pela empresa, BPS (2011), o quadro de retorno tem o objetivo de demonstrar de forma visual o abastecimento do estoque controlado da expedição. Podemos entender que suas funções principais são:

- Permitir que a informação do consumo de produtos finais seja visualizada pela produção;
- Permitir a gestão visual do supermercado através da definição de máximos e mínimos;
- Proporcionar a informação base para o planejamento do quadro de nivelamento que será explicado posteriormente;

A Figura 9 mostra o quadro de retorno de *Kanban*.



**Figura 9 – Representação do quadro de retorno (Backflow).**

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

Os cartões devem ser inseridos nos espaços vazios de cada linha, no sentido da esquerda para a direita, ou seja, da cor amarela à vermelha. Os espaços vazios são representados na Figura 9 como pequenos retângulos brancos. Cada linha representa um tipo de injetor, classificado como n° tipo. A última linha recebe os cartões destinados aos produtos exóticos. A situação de estocagem do supermercado é entendida de acordo com a quantidade de cartões inseridos para cada produto.

No quadro representado na figura anterior pode se observar pequenos retângulos, nas cores: amarela, verde e vermelha. Essas cores representam os níveis de estocagem encontrados no momento do cálculo do supermercado que será apresentado mais adiante. Estes são encontrados da seguinte maneira:

- Amarelo: excesso produtivo ou puxada reduzida;
- Verde: estocagem estável;
- Vermelho: supermercado quase vazio, pode não suprir demanda;

Pelo fato de cada modelo de injetor corrente ter diferentes valores de estocagem, oriundos do cálculo de supermercado, esses retângulos coloridos variam de posição em cada linha. Os retângulos em branco representam um espaço no qual será encaixado o cartão *Kanban*. Os sinalizadores na cor preta (retângulo maior) indicam que o Supermercado encontra-se vazio, ou seja, está ocorrendo uma falta de produtos.

Cada divisão na coluna de itens “Em fluxo” representa uma embalagem de produtos acabados no supermercado. Nessa coluna são postados cartões na cor amarela, esses são responsáveis por dar a ordem de produção.

A seguir, serão definidas como ocorrem o fluxo de postagens dos cartões correntes e exóticos.

#### 2.1.8.1 *Fluxo de Cartões Kanban do Tipo Corrente*

Conforme explicado anteriormente, no supermercado cada caixa de injetores, possui um cartão *Kanban* que contém informações sobre o produto. Esse cartão tem a cor verde quando a caixa está pronta para ser entregue a um cliente. Posteriormente, quando ocorre a entrega dessa caixa de injetores, esse cartão é retirado da caixa e enviado para o quadro de retorno, onde fica alojado.

Conforme o entendimento dos Manuais da empresa, BPS Manuals (2011), quanto maior a quantidade de cartões verdes no quadro de retorno indica que mais retiradas ocorreram e menos produtos acabados existem disponíveis para os clientes. Os cartões na cor amarela ficam alojados na coluna “Em Fluxo” do mesmo quadro. Esses cartões amarelos são retirados do quadro de retorno, fazendo referência à mesma quantidade de produtos que foi retirada do supermercado. Dessa maneira é feita a visualização da ordem de produção de injetores correntes que serão fabricados na etapa nivelada da montagem.

#### 2.1.8.2 *Fluxo de Cartões Kanban do Tipo Exótico*

No quadro de retorno (Figura 9) a linha inferior representa os itens exóticos que estão planejados para produção. Nesta linha são inseridos os cartões *Kanban* da cor verde com as informações necessárias para a produção dos mesmos. Os exóticos que não estão planejados para produção devem ter seus cartões armazenados em local apropriado, diferente do quadro de retorno, sendo que a supervisão destes é feita pelo planejador produtivo responsável. Na produção, o cartão-par deste cartão apresenta a cor rosa.

Como não existe supermercado calculado para itens exóticos, o quadro de retorno não faz referência à estocagem dos mesmos, mas sim ao número de produtos demandados.

### 2.1.9 Nivelamento de Produção

A teoria de produção em massa enuncia que para aumentar o rendimento de uma linha de produção, deve-se produzir o mesmo material por mais tempo e diminuir a frequência de troca de ferramental (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para Rother e Shook (2003) no nivelamento, uma programação mais sofisticada para os produtos é realizada. Não são gerados grandes lotes desses produtos, desnecessários aos clientes, em um primeiro momento. Dessa maneira se evita o excesso de produção e aumento de estoques. Na programação, é feita uma combinação de produtos, com tempos menores de fabricação para os turnos de trabalho. O nivelamento de linha de produção é importante para proporcionar maior agilidade da etapa de fabricação ao reagir perante diferentes necessidades dos clientes. A Figura 10 mostra o ícone que ilustra o Nivelamento.



**Figura 10 - Ícone de Nivelamento.**

**Fonte: Modificado de Rother e Shook, 2003, p. 50.**

De acordo com Rother e Shook (2003) o nivelamento divide os turnos de trabalho para que se estabeleçam horários para cada tipo de produto. Dessa maneira o operador sabe o que vai ser produzido ao assumir seu posto.

O quadro de retorno serve de base para o planejamento do nivelamento. Esse nivelamento diminui a quantidade que seria produzida de uma só vez na linha de montagem, ou seja, essa ferramenta proporciona a produção de uma determinada demanda, em menores quantidades e em dias diferentes. Fazendo com que a linha de montagem produza de forma padrão os injetores de combustível e dessa forma, o colaborador que trabalhar nesse processo sabe previamente o que vai produzir durante cada período planejado de seu dia.

Com a utilização do nivelamento busca-se criar um fluxo e ritmo constante dentro de toda a cadeia de manufatura. Esta ferramenta é fundamental para obter a noção sobre o que será utilizado como material produtivo oriundo das etapas anteriores. Desse modo é possível assegurar o uso estável dos recursos disponíveis dentro da empresa.

#### 2.1.9.1 *Plano de Nivelamento*

O plano de nivelamento define a sequência de produção da etapa nivelada. Este visa gerar uma demanda programada para os processos-fornecedores futuros, aumentando a fluidez da cadeia produtiva (BPS Manuals, 2011).

Para que seja montado o plano de nivelamento são considerados os tempos de *setups*, bem como a necessidade de mão de obra e de recursos disponíveis. Esse planejamento prevê a produção dos produtos com necessidades similares. Com isso, o procedimento obtém menor tempo em ajustes e trocas de ferramental. Outro fator importante a ser considerado, é a disponibilidade de assistência das áreas de suporte, como a de manutenção. Produtos que detenham um histórico de problemas precisam receber tratamento especial dos planejadores e equipes de manutenção que devem estar a postos para eventuais falhas produtivas.

Para o plano de nivelamento, é necessário considerar a quantidade possível de *setups* para determinado período de trabalho, esse cálculo é demonstrado pela Equação (2) que pode ser encontrada no item 2.1.6.2. Então, depois de calculada essa quantidade, inicia-se o planejamento pelos produtos correntes. A programação deve obedecer a sequência do produto com maior demanda planejada seguindo para o produto corrente de menor volume, necessários à retirada do Cliente.

Os tempos necessários para a realização das trocas de itens a serem produzidos são encontrados fazendo o cruzamento entre os produtos na matriz de *setups*, que proporciona a informação necessária para se determinar as melhores sequências.

O Quadro 3 demonstra como é montada a matriz de *setups*. O cenário apresentada é apenas um exemplo didático.

	PART.NUM.001	PART.NUM.002	PART.NUM.003	PART.NUM.004	PART.NUM.005	PART.NUM.006	PART.NUM.007	PART.NUM.008
PART.NUM.001	---	---	---	---	---	---	---	---
PART.NUM.002	30	---	---	---	---	---	---	---
PART.NUM.003	5	5	---	---	---	---	---	---
PART.NUM.004	10	5	10	---	---	---	---	---
PART.NUM.005	5	30	10	30	---	---	---	---
PART.NUM.006	20	15	10	15	20	---	---	---
PART.NUM.007	20	30	10	5	20	5	---	---
PART.NUM.008	30	15	30	15	10	20	10	---

### Quadro 3 - Matriz de Setups

+Fonte: Exemplo sobre o padrão utilizado na empresa.

Os produtos exóticos são planejados de acordo com as datas de entrega solicitadas e também com de tempos de *setups* para as trocas entre os correntes, como demonstra o quadro anterior.

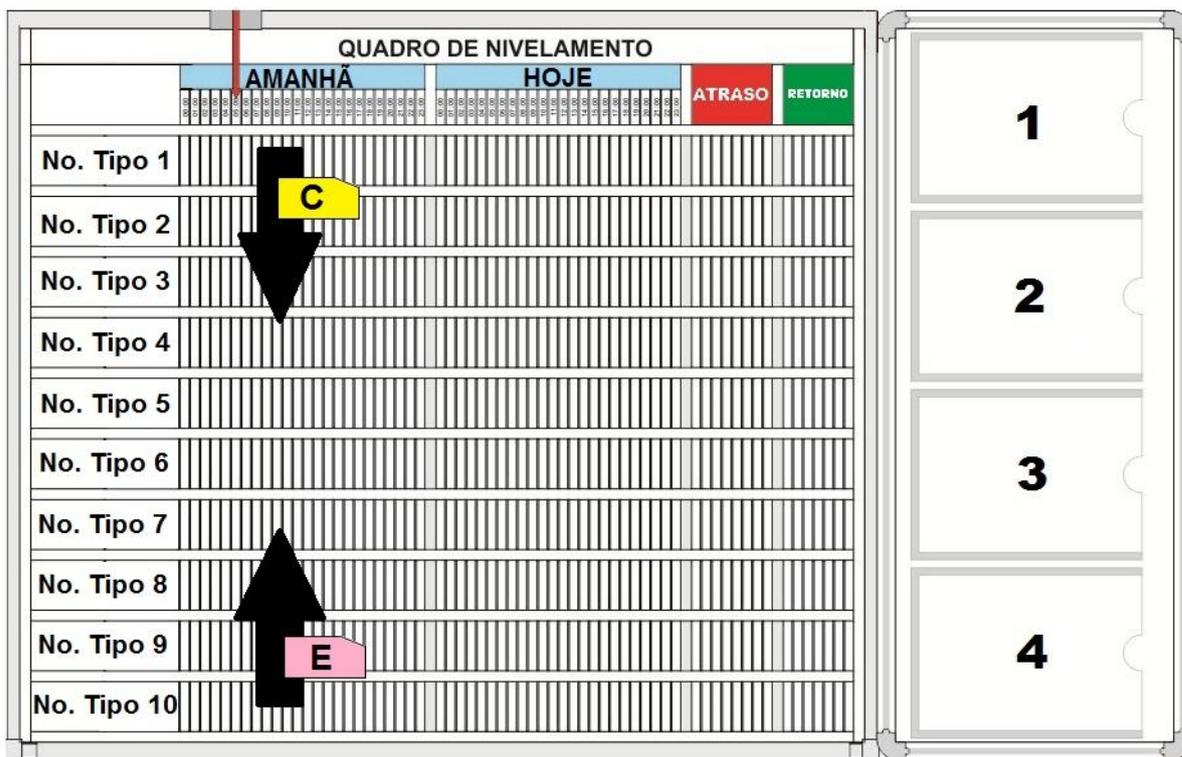
No mesmo quadro as linhas e colunas são nomeadas com o código de modelo dos injetores fabricados pela empresa. É feito um cruzamento do tempo de *setup* na troca de modelo a ser produzido, ou seja, cada célula da matriz representa o tempo de duração dos ajustes e trocas de ferramentais para cada troca de injetor, comparando-o com todos os demais possíveis injetores fabricados pela empresa. Nesta matriz os valores são dados em minutos. A média dos tempos de trocas é feita e aproximada para o superior valor múltiplo de cinco, assim se garante que o tempo demandado será suficiente.

### 2.1.9.2 Quadro de Nivelamento - Heijunka

O quadro de nivelamento *Heijunka* recebe o plano de nivelamento da produção para a etapa da montagem. Segundo LIPPOLT e FURMANS (2008) é uma ferramenta que demonstra visualmente o plano de nivelamento. Essa noção proporciona um modelo de manufatura com um constante fluxo de produtos.

O gerenciamento da produção é feito através das referências de horários programados para cada número de tipo. Com o planejamento estabelecido e postado no quadro de nivelamento é possível disparar a compra de componentes para o abastecimento da etapa de montagem. Desse modo, as etapas anteriores partilham dos benefícios provindos do nivelamento. A visualização do tempo produtivo auxilia nas preparações de trocas de produtos a serem fabricados. Com isso, os *setups* podem ser organizados previamente.

A Figura 11 ilustra o quadro de nivelamento onde são postados os cartões *Kanban* de produção, procedentes do quadro de retorno:



**Figura 11 – Representação do Quadro de Nivelamento - Heijunka.**

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

No quadro representado pela Figura 11, cada campo “No de Tipo” representa um modelo de injetor a ser produzido. As linhas superiores do quadro são preenchidas com os cartões de planejamento referente aos itens correntes (cartões de cor Amarela - C). A colocação dos cartões *Kanban* referentes aos itens exóticos (cor Rosa - E) é feita de baixo para cima.

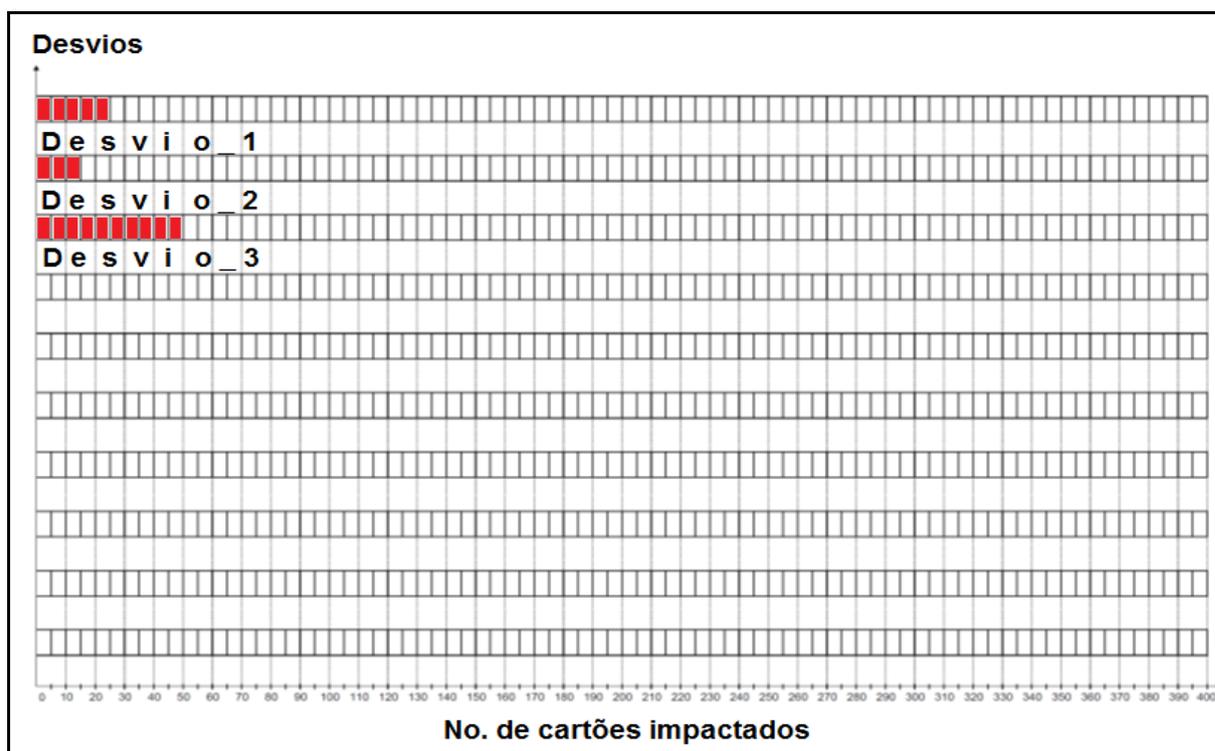
O preenchimento das linhas referente a cada número de tipo é feito de acordo com o planejamento produtivo nivelado. Os injetores que no dia anterior foram classificados como “Amanhã”, ou seja, para serem produzidos amanhã. No dia atual de produção, esse cartão será classificado como “Hoje”. No quadro também existe uma seta, que indica o horário de produção de cada cartão.

Ao lado direito do quadro de nivelamento mostrado na Figura 11, estão representados os anexos 1, 2, 3 e 4, que correspondem as seguintes definições:

1. Manual de utilização do quadro de nivelamento (*Heijunka*): neste se padroniza a colocação dos cartões *Kanban*, bem como a estruturação das reuniões diárias para se alcançar a efetividade da ferramenta e a compra de material provindo dos processos anteriores.

2. Plano de nivelamento: o planejamento mostrado pelo quadro de nivelamento (*Heijunka*) pode ser conferido por este anexo. Sendo que a informação extraída de ambos deve ser a mesma.

3. Pareto de desvios: é demonstrado em forma de gráfico de barras horizontais quais foram os problemas encontrados na etapa nivelada. Estes desvios fazem referência às falhas produtivas e quantidade de cartões *Kanban* afetados na semana. Para cada falha uma linha deve ser preenchida descrevendo o desvio. A Figura 12 ilustra um exemplo de como preencher o Pareto de desvios:

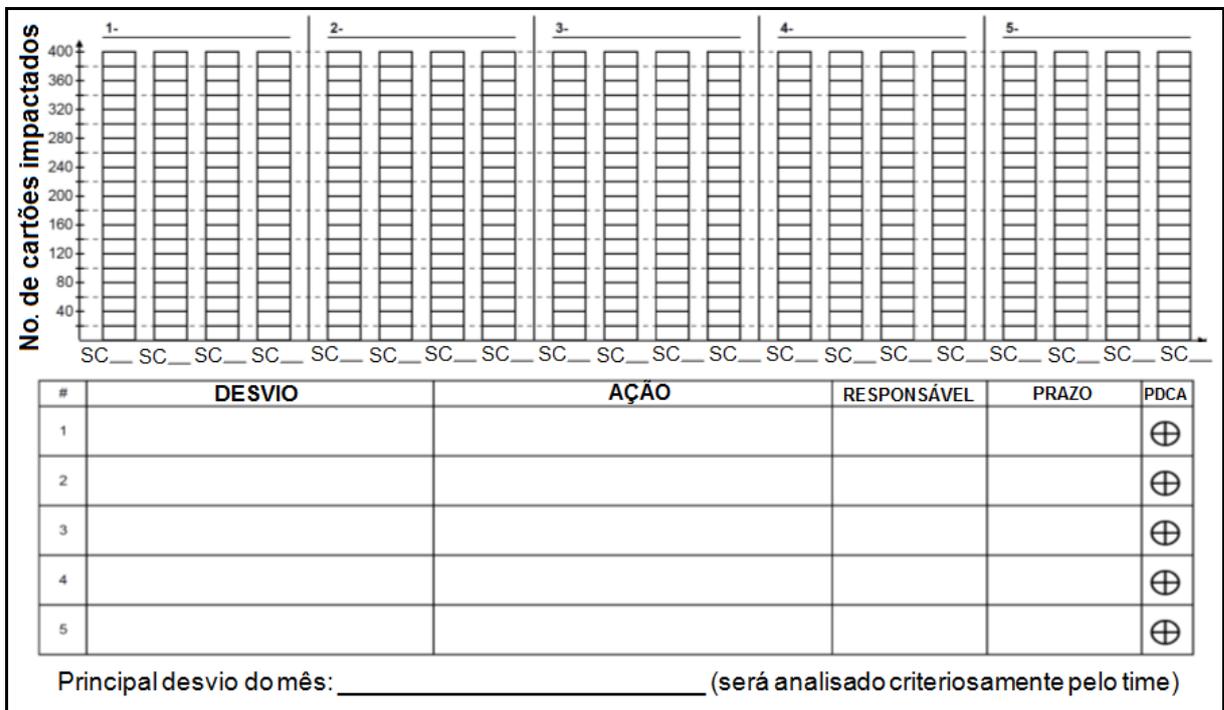


**Figura 12 – Representação do Gráfico de Pareto de Desvios.**

Fonte: Padrão utilizado pela empresa.

4. Histórico de desvios mensal: com esse anexo é possível relatar os cinco principais desvios ocorridos na produção. A marcação para cada falha produtiva é feita para a semana corrente (SC) do ano correspondente e o número de cartões afetados. Para cada um dos cinco desvios existe a descrição dos seguintes campos: ações de contenção; indicação de quem são os responsáveis pela execução da tarefa; o prazo para que essa seja finalizada; e a situação da tarefa em forma de PDCA. O PDCA é uma sigla em inglês que significa *Plan, Do, Check e Act*, essa é utilizada para demonstrar se uma tarefa está respectivamente em planejamento, execução da planejado, verificação dos resultados e ação de melhoria sobre o executado.

O principal desvio encontrado deve ser analisado criteriosamente pelo time de produção para que não volte a acontecer. A Figura 13 mostra o relatório padrão para preenchimento com os cinco principais desvios do mês:



**Figura 13 – Representação do Histórico de Desvios Mensal.**

Fonte: Padrão utilizado pela empresa.

### 2.1.10 Número de Cartões *Kanban* e Níveis de Segurança de Estocagem

Para que a empresa encontre o número correto de cartões *Kanban* para cada modelo de injetor corrente, é utilizada uma ferramenta chamada de Matriz RE-LO-WI-SA, que tem por finalidade obter a quantidade de cartões *Kanban* para cada número de tipo. Essa ferramenta proporciona a cobertura do tempo de reposição de produtos para o supermercado e os seus níveis de segurança. (BPS Manuals, 2011)

A atualização do supermercado deve ser realizada todos os meses, logo após a definição dos produtos correntes. Esta ação tem a função de adequar periodicamente o sistema produtivo à demanda do cliente e servir como base de informação para o número de cartões *Kanban*.

A Equação (3) mostra como é feito o somatório do número de cartões *Kanban* na empresa:

$$K = RE + LO + WI + SA \quad (3)$$

Onde:

- a) RE – Cobertura do tempo de reposição de um cartão;
- b) LO – Cobertura do tempo de formação de Lote;
- c) WI – Cobertura da quantidade retirada de produtos referente aos pedidos futuros (*Withdraw* em inglês);
- d) SA – Cobertura de riscos e flutuações não planejadas (*Safety* em inglês);

A palavra “Cobertura”, citada no início de cada descrição, significa a quantidade de cartões *Kanban* necessária para suprir a demanda planejada para cada fator.

Nos próximos itens do trabalho será explicado cada fator do cálculo da Matriz RE-LO-WI-SA.

### 2.1.10.1 Fator “RE” – Cobertura do Tempo de Reposição

O fator RE da matriz representa a quantidade de cartões necessária para atender a demanda do cliente referente à quantidade de peças especificadas em um cartão *Kanban*, sem ultrapassar o período máximo de reposição do estoque delimitado pela empresa para a produção. Considera-se nesse caso, que no supermercado a retirada do produto é feita pelo cliente de forma contínua e sem flutuações, por isso, esse cálculo pode ser considerado como realizado sobre uma situação ideal, já que não sofre influências de demandas aleatórias.

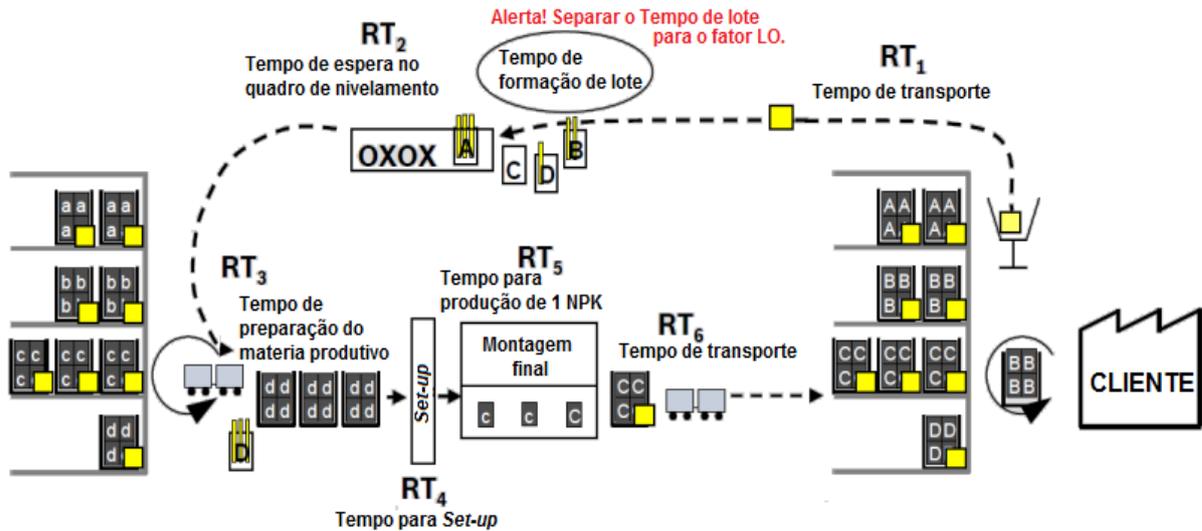
O número de cartões *Kanban* para o fator “RE” é calculado conforme mostra a Equação (4):

$$RE = \frac{RTloop \times PR}{TPO \times NPK} \quad (4)$$

Onde:

- RTloop: tempo de reposição ou *Lead Time* de reposição;
- PR: demanda por período para determinado produto Corrente;
- TPO: tempo de produção otimizado (fornecido pelo time de produção);
- NPK: número de peças por cartão *Kanban*;

Para se calcular o “RTloop”, ou seja, o tempo de reposição de um único cartão *Kanban*, é necessário o somatório dos tempos dentro do percurso, sendo que cada RT representa um estágio na produção, como ilustra a Figura 14 e a Equação (5):



**Figura 14 - Tempo para RTloop Idealizado.**

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

A Figura 14 representa um ciclo ideal de *Kanban* que possui supermercados em ambas as extremidades, representando um sistema puxado de produção. Essa idealização pode ser adequada à realidade produtiva.

A Equação (5) representa o somatório dos tempos de reposição de um *Kanban*:

$$RT_{loop} = RT1 + RT2 + RT3 + RT4 + RT5 + RT6 \quad (5)$$

Os tempos (RTs) são conhecidos a partir de diferentes métodos de cronometragem realizados pela empresa e cada um deles possuem as seguintes definições:

- RT1: tempo de transporte entre a saída do cartão *Kanban* do supermercado e a chegada desse cartão ao quadro de nivelamento. RT1 tem a duração de 60 minutos, pois é a duração do ciclo padronizado de transporte de produtos.

- RT2: tempo de espera no quadro de nivelamento. Os produtos podem ser programados para todos os dias da semana, essa decisão faria com que o RT2 fosse de um dia produtivo, ou seja, dois turnos de oito horas, chegando a um total de 16 horas. Para se adequar à unidade desejada, encontramos o valor de 960 minutos. Quando os produtos são programados para serem fabricados de dois em dois dias, ou em intervalos maiores, para o RT2, será considerado o tempo em dias, multiplicado pela quantidade de turnos diários e as durações em minutos de cada turno.
- RT3: tempo de preparação para o material produtivo. Esse tempo é estimado, pois envolvem condição de rota de material, tempo de operação de lavagem de componentes, entre outros fatores. Os valores estimados são dados em minutos. O departamento de Produção efetiva é responsável por fornecer os valores ao departamento de Planejamento produtivo.
- RT4: Perda com *setup*. Tempo referente aos ajustes necessários às trocas de tipo de produto a ser montado. Esse tempo é encontrado pela média das cronometragens dos *setups* possíveis para a etapa da montagem de produtos.
- RT5: tempo de montagem da quantidade de itens referentes a um cartão *Kanban*. Este tempo é encontrado pela cronometragem do tempo do ciclo da montagem.
- RT6: tempo de transporte ao supermercado. Este transporte é padronizado para 60 minutos.

#### 2.1.10.2 Fator “LO” – Cobertura do Lote ou Tempo de Formação de Lote

Esse fator é calculado sobre a demanda de tempo de espera para a formação de um lote. O número de cartões *Kanban* necessários para cobrir o tempo de formação de lote é encontrado pelo uso da Equação (6):

$$LO = \frac{LS}{NPK} - 1 \quad (6)$$

Na Equação 6, a variável “LS” representa a quantidade de peças necessárias para completar um lote para determinado tipo de produto.

Apenas com a quantidade de injetores descrita em um cartão *Kanban*, a empresa já pode iniciar a produção. Dessa forma, para a empresa em questão o “LS” é igual ao “NPK”, logo o “LO” é zero no cálculo do supermercado.

### 2.1.10.3 Fator “WI” – Cobertura da Quantidade Puxada Planejada

Este fator mostra o número adicional de cartões *Kanban* necessário para atender à maior puxada prevista dentro de um *lead time* de reposição.

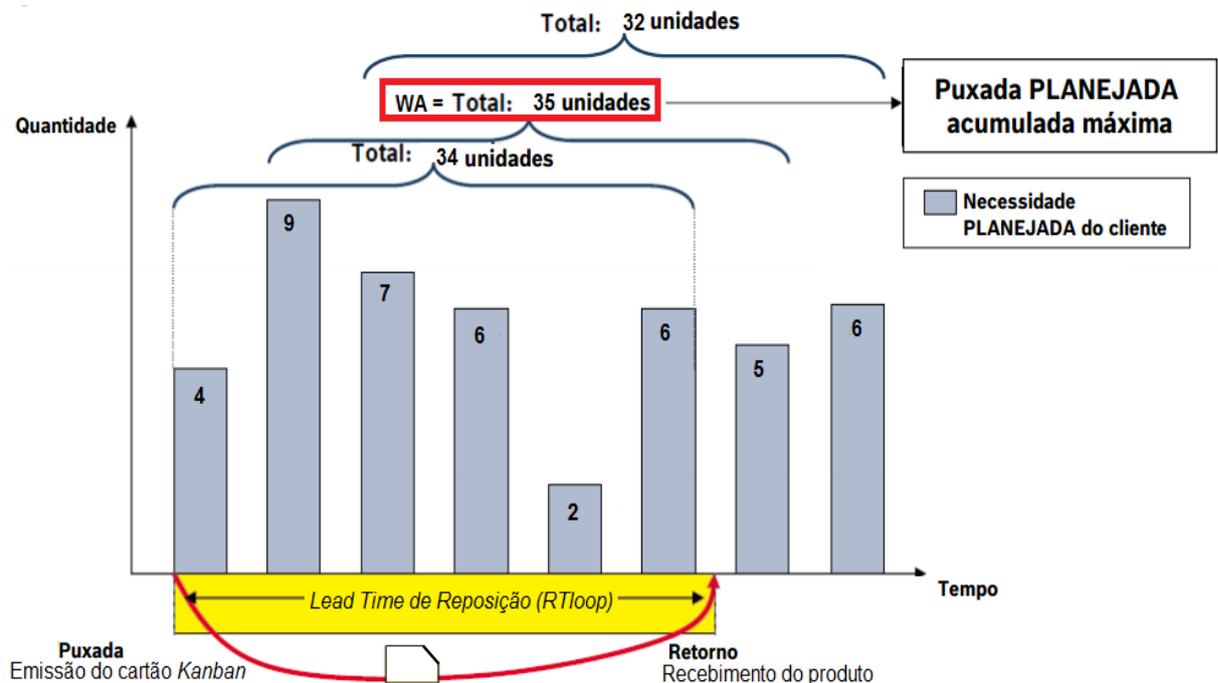
O cálculo da quantidade de cartões *Kanban* é feito através da Equação (7):

$$WI = \frac{WA}{NPK} - RE - LO \quad (7)$$

Se o resultado de “WI” for negativo, deve ser considerado nulo para o cálculo RE-LO-WI-SA da Equação (3). Na Equação (7) as variáveis são:

- NPK: número de peças por cartão *Kanban*;
- RE: cobertura do tempo de reposição de um cartão;
- LO: cobertura do tempo de formação de Lote;
- WA: é a puxada acumulada máxima dentro de um período *lead time* de reposição (RTloop). Este volume de produtos demandados por um cliente é

planejado por pedidos previamente estabelecidos. A Figura 15 a seguir ilustra como encontrar a maior puxada de produtos por clientes.



**Figura 15 - WA: Maior Puxada do Cliente dentro do RTloop.**

Fonte: Traduzido de BPS Manuals (2011), manual teórico da empresa.

As demandas dos clientes são controladas pelo setor de Logística, e pelo departamento de Vendas da empresa. As quantidades são previstas de acordo com os pedidos estabelecidos pelos clientes.

Na Figura 15 pode ser observada uma situação fictícia em que para o primeiro *lead time* de reposição estão previstas a puxada de 34 injetores pelo cliente. Fixando a Puxada para a segunda coluna, dentro do período equivalente ao “RTloop” são somadas 35 unidades. Então fazendo o mesmo para a terceira coluna, é verificada uma demanda de 32 unidades.

Deste exemplo didático pode-se observar que “WA” é igual a 35 unidades para o período de tempo considerado. Este valor deve se utilizado na Equação (7) para uma situação real de cálculo da quantidade de cartões *Kanban*.

#### 2.1.10.4 Fator “SA” – Cobertura de Riscos e Flutuações não Planejadas

Fator referente às quantidades de cartões *Kanban* necessários ao atendimento de uma demanda que possa compensar as instabilidades internas e externas à empresa, ou seja, é um fator que garante uma reserva em caso de algum imprevisto de produção. Estes cartões adicionais proporcionam maior segurança no cálculo e recálculo do supermercado.

As causas a podem levar a uma instabilidade são:

- Problemas no fluxo de informação;
- Incertezas quanto aos tempos de trocas de ferramentais e ajuste nas linhas produtivas;
- Paradas não planejadas e perdas de desempenho;
- Perda de tempo com retrabalhos;
- Flutuações não planejadas nas demandas dos clientes por quantidade ou prazos;

A Equação (8) demonstra como encontrar esse número de cartões:

$$SA = \frac{\text{Quantidade adicional}}{NPK} \quad (8)$$

As variáveis para a Equação (8) são descritas como:

- NPK: número de peças por cartão *Kanban*;
- Quantidade Adicional: essas quantidades de produtos finais a mais são planejadas de maneira estratégica, envolvendo a Diretoria da empresa. Sendo que não existe um padrão a ser seguido.

### 2.1.11 Geladeira: Estoque de Produtos Acabados

A geladeira é uma nomenclatura que designa um tipo de reserva de estoque, ela serve para completar um lote no qual haja a falta de alguma peça. Ela armazena uma quantidade controlada de produtos finais e possui a capacidade de gerar uma ordem produtiva que repõem os injetores utilizados quando acontece algum refugo na produção de modelos de injetores classificados como correntes.

Para exemplificar a utilização desse recurso, pode ser tomado como exemplo um lote no qual alguns injetores foram reprovados e refugados, sem essa geladeira, poderia ocorrer a falta de produtos para esse lote, impedindo a entrega completa. Dessa forma, a geladeira garante que não falem produtos para um cliente.

A Figura 16 mostra o ícone utilizado para ilustrar a geladeira no mapeamento do fluxo de valor.



**Figura 16 - Ícone do Estoque Tipo Geladeira.**

**Fonte: Autoria Própria, alterado do que é utilizado pela empresa.**

A retirada de injetores deste tipo de estoque gera uma ordem de produção via *Kanban* para o processo de montagem, que insere devidamente os cartões no seu plano de nivelamento de produção. A produção destes itens é programada conforme disponibilidade de capacidade da etapa de montagem nivelada. O planejador produtivo deve considerar a produção destes injetores no momento que construir o plano de produção, pelo fato de que a geladeira possui apenas itens correntes.

Dessa forma, quando houver produção programada para estes itens, a quantidade de injetores que anteriormente seria fabricada pode ser estendida.

### 2.1.12 Ícones e Conceitos para o Entendimento do Mapeamento do Fluxo de Valor

Para o completo entendimento do mapeamento do fluxo de valor, alguns outros conceitos e ícones serão apresentados na sequência.

A caixa de informações é utilizada para demonstrar dados dos processos dentro da cadeia de manufatura de um produto. As informações contidas nessa caixa revelam o comportamento de determinado processo e sua relação com o atendimento à demanda do processo seguinte. (BPS Manuals, 2012).

A Figura 17 mostra como é representada essa caixa de informações para cada processo dentro da cadeia da manufatura.

<b>Nome do Processo</b>	<b>Ex.: Usinagem do corpo do Injetor</b>
<b>TT (s) =</b>	<b><i>Takt Time do processo seguinte</i></b>
<b>CT (s) =</b>	<b>Tempo entre ciclos do processo</b>
<b>EFICIENCIA(%) =</b>	<b>Eficiência do Processo</b>
<b>Nº de MAQ.s =</b>	<b>Número de máquinas</b>
<b>Nº de OPER.s=</b>	<b>Número de operadores</b>
<b>PPS (pçs)=</b>	<b>Número de peças por suporte/ caixa</b>

**Figura 17 - Representação da Caixa de Informações para Processos.**

Fonte: Padrão utilizado pela empresa.

Na Figura 17, nas linhas da caixa de informações, para determinado processo descrito dentro do mapeamento do fluxo de valor, podem ser encontradas informações como:

a) *Takt Time* do processo seguinte: esse é o tempo que representa em segundos, as demandas do processo seguinte por produtos, ou seja, de quanto em quanto tempo o processo seguinte requisita um produto do processo descrito pela caixa de informações. O valor mostrado nesse campo da caixa de informações é encontrado dividindo-se o TPO pela demanda média diária;

b) *Cicle Time*: esse é o tempo em segundos, entre os ciclos de produção do processo em questão, para melhor entender, esse é o intervalo de tempo entre a fabricação de dois produtos desse processo.

c) Eficiência do processo: essa é a eficiência do processo considerando perdas por baixo desempenho, baixa qualidade dos produtos fabricados e falhas de organização das informações referentes à produção;

d) Número de “MAQs.”: este item representa o número de máquinas utilizadas dentro do processo descrito pela caixa de informações;

e) Número de “OPERs.”: representa o número de operadores necessários ao processo;

f) PPS: esta última linha informa quantas peças são postas por suporte ou caixa de produtos após o processo de fabricação descrito pela caixa de informações.

Segundo Rother e Shook (2003), para que o mapeamento do fluxo de valor possa ser entendido de forma clara, é necessário que se adicione informações sobre situações que não podem ser identificadas por caixas de processos ou ícones. Para tanto, algumas observações podem ser inseridas aos mapas do fluxo de valor, com a utilização do ícone de necessidade de melhoria. Nesse ícone podem ser adicionadas informações sobre situações ocultas ao mapeamento dos processos. Essas observações devem ser levadas em conta quando houver um planejamento de melhorias para a cadeia de produção. A Figura 18 demonstra como é o ícone de observações sobre necessidade de melhoria.



**Figura 18 - Ícone de Necessidade de Melhoria.**

Fonte: Modificado de Rother e Shook, p.58.

Para entender como é controlado o tempo para cada passo produtivo, é feito no mapeamento do fluxo de valor, uma linha abaixo dos processos, onde são demonstrados o *lead time* de produção e o tempo de agregação de valor ao produto, ou tempo de ciclo.

O *lead time* representa os dias em que o material produtivo fica em processo até ser transformado em produto final disponível para o cliente.

O tempo de agregação de valor ao produto representa em segundos, o tempo em o material realmente recebe beneficiamentos. A agregação de valor envolve apenas as etapas que fazem modificações ao material para que este se torne um produto final, em outras palavras, os estoques não agregam valor ao produto.

A Figura 19 mostra como é a linha de tempo em um mapeamento do fluxo de valor.



**Figura 19 - Linha de Tempo para Mapeamento do Fluxo de Valor.**

Fonte: Modificado de Rother e Shook, p.58.

Na Figura 19 podem ser encontradas as informações referentes ao *lead time* e o tempo de agregação de valor a um produto. Ao fim da linha de tempo, à direita da Figura 19, podem ser verificada a soma de todos os *lead times* e tempos de agregação de valor ao produto, para determinada linha de produção.

Conforme apresentado anteriormente, o mapeamento do fluxo de valor ilustra os passos produtivos em uma cadeia de manufatura. A empresa em questão utiliza em seus mapeamentos, um extrato de informações que englobam toda a cadeia produtiva. A Tabela 6 mostra o extrato de informações necessárias para concluir o entendimento de um mapa do fluxo de valor de uma empresa.

**Tabela 1 - Extrato de Informações do Fluxo de Valor.**

<b>Informações do fluxo de valor</b>	
<b>Demanda inj</b>	<b>[pcs x mês]</b>
<b>Turnos</b>	<b>[turnos/semanas]</b>
<b>TT</b>	<b>[seg/peça]</b>
<b>Lead Time</b>	<b>[dia]</b>
<b>Nr. de modelos</b>	<b>[quantidade]</b>
<b>TPO</b>	<b>[min./dia]</b>

Fonte: Alceado do padrão utilizado pela empresa.

De acordo com BPS Manuals (2012), a Tabela 6 é posta no canto direito superior de um mapa do fluxo de valor de um produto. As informações demonstradas pela tabela são oriundas das demandas dos clientes finais, da situação de todo o processo de fabricação e das quantidades de modelos de produtos que podem ser fabricados por essa cadeia de manufatura.

Serão descritas abaixo cada linha da Tabela 6, para explicar como são encontrados cada uma das informações.

a) Demanda de injetores: representa a demanda mensal de injetores em quantidade por mês. Esse valor é uma média sobre os pedidos futuros feitos pelos clientes;

b) Turno: demonstra quantos turnos são utilizados para realizar a produção da demanda necessária ao atendimento do cliente;

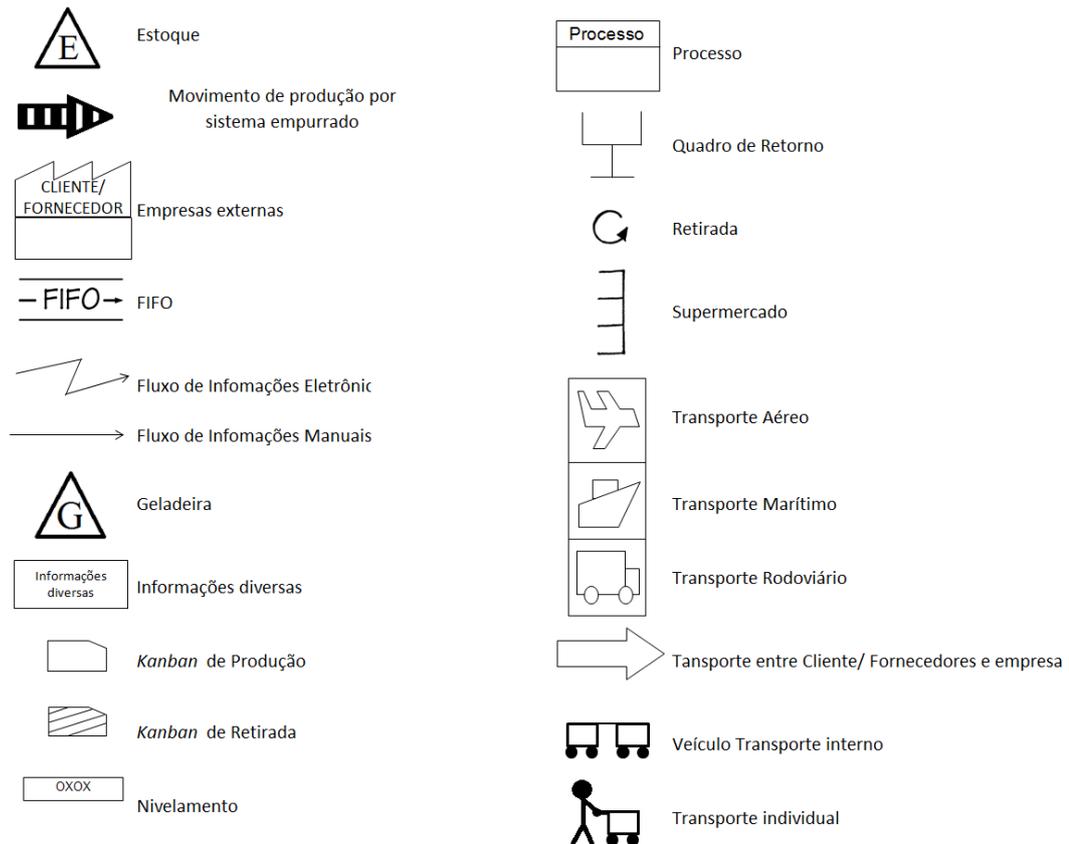
c) TT: representa o *takt time* de demanda de produtos para o cliente final, esse valor é uma aproximação à realidade. O cálculo para encontrar essa aproximação é feito multiplicando, o tempo de produção otimizada diário por 60 minutos e pelo número de dias úteis no mês, então divide-se o resultado pela demanda mensal por injetores;

d) *Lead Time*: é o somatório do maior tempo de produção possível, ou seja, é o maior tempo considerando immobilizações por estoque, passagem por processos e transportes internos à empresa. Esse somatório é dado em dias;

e) Nr. de modelos: mostra a quantidade de modelos de injetores diferentes podem ser fabricados pela cadeia produtiva em questão;

f) TPO: é o tempo de produção otimizada. Conforme explicado anteriormente, este desconta as paradas programadas do Tempo total em minutos existente para trabalho dentro de um mês. Para a informação necessária à Tabela 6, o TPO mensal é dividido pelo número de dias úteis para o mesmo mês.

Os ícones utilizados nos mapas do fluxo de valor neste trabalho são apresentados pela Figura 20.



**Figura 20 - Ícones Utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor.**  
**Fonte: Modificado de BPS Manuals, 2012 e Rother e Shook, 2003, Apêndice A.**

## 2.2 INDICADORES PRODUTIVOS E FINANCEIROS

A partir da compreensão da situação inicial da cadeia manufatura, é possível estabelecer visões macroscópicas da cadeia produtiva e projetar melhorias para as diversas etapas envolvidas na manufatura. Os indicadores utilizados para avaliar os benefícios trazidos pelo projeto serão apresentados na sequência. A teoria que explica esses indicadores foi extraída dos manuais da empresa em questão e do conhecimento dos profissionais responsáveis pela sua utilização. Os indicadores são:

a) Aderência ao Nivelamento – esse indicador mostra de forma percentual a efetividade do nivelamento no processo de montagem dos injetores. baseando-se na quantidade, sequência e horário de entrega, determinados pela programação produtiva. Se um desses falhar o indicador não atinge seu valor máximo.

b) WIP (*Work in Process*) – esse segundo indicador representa o valor financeiro do material estocado entre as etapas de processamento efetivo. Os estoques do recebimento e expedição não são levados em conta.

c) TCT (*Total Coverage Time*) - Representa o material produtivo estocado desde o recebimento de matéria-prima até a saída como produto final para os clientes. Em outras palavras, este leva em conta todos os estoques dentro da empresa. Os valores de vendas efetuadas por pedidos também são considerados neste indicador.

Os indicadores apresentados possibilitaram a análise quantitativa das melhorias obtidas. A explicação de como utilizá-los se encontra na sequência desta monografia.

### 2.2.1 Cálculo da Aderência ao Nivelamento

A aderência ao nivelamento indica o grau de eficiência em que a etapa nivelada segue o planejamento produtivo em termos de sequência e quantidade para os tipos de injetores. A ordem programada para a manufatura é importante por determinar quais serão os *setups* mais adequados à troca de ferramental e ajustes na linha de produção. Quanto maior a aderência, mais contínua é a cadeia produtiva (BPS Manuals, 2011). Essa ferramenta tem como função controlar percentualmente a efetividade da produção ao seguir o plano de produção. Os volumes necessários para atender os clientes devem ser fabricados em horários programados, para não gerar atrasos na etapa de montagem de injetores. Por outro lado, a sequência planejada deve ser realizada considerando os menores tempos de *setup* entre os tipos de produtos a serem fabricados. O acompanhamento das informações da

produção é feito em tempo real, em outras palavras, no momento de cada troca de tipo de produto a ser montado atualiza-se a planilha de cálculo da aderência ao nivelamento. Ao fim do dia, o valor percentual da eficiência da linha de montagem pode ser verificado.

A partir do nivelamento da etapa de montagem, é possível determinar os passos produtivos de todos os processos anteriores envolvidos na produção, que são responsáveis pela fabricação dos componentes que suprem as necessidades da linha de montagem. A partir do momento que se estabelece a programação no quadro de nivelamento, é discutido com os responsáveis pelas etapas fornecedoras, como será o suprimento de material dentro dos prazos estipulados.

Para o cálculo de aderência, a empresa desenvolveu uma planilha que visa a obter o controle diário da aderência ao nivelamento, onde é feita a verificação do cumprimento da sequência produtiva e suas quantidades. A planilha deve receber as informações cabíveis quanto ao início e ao fim da produção de cada tipo de injetor. A Tabela 7 exemplifica uma planilha de cálculo da aderência ao nivelamento utilizada na empresa.

**Tabela 2 - Planilha de Cálculo da Aderência ao Nivelamento.**

NÚMERO DE TIPO	SEQUÊNCIA	QUANTIDADE	ADERÊNCIA	MOTIVO
PART.NUM.001				
PART.NUM.002				
PART.NUM.003				
PART.NUM.004				
PART.NUM.005				
...				
		No. De Pontos		
		Total de Tipos		
		<b>Aderência (%)</b>		

Fonte: Exemplo sobre o padrão utilizado pela empresa.

Para o preenchimento da planilha de Cálculo, mostrada pela Tabela 7, tem-se a descrição dos seguintes campos:

- Número de tipo: listam-se os números de tipo de cada produto planejado.
- Sequência: quando se inicia a produção de cada item é verificada a sequência programada, se o resultado for positivo o campo é preenchido com um “OK”, se negativos com um “X”.
- Quantidade: após o termino do período produtivo de cada item é feita uma verificação para saber se o volume previsto pelos cartões *Kanban* foi produzido corretamente. Existe uma tolerância de mais ou menos 10% deste volume em peças, pois os cartões preveem valores fechados. Se o resultado for positivo o campo é preenchido com um “OK”, se negativo com um “X”.
- Aderência: se a sequência e a quantidade estiverem com sinais “OK”, então a aderência recebe um ponto positivo, representado pelo número 1. Porém se algum produto falhar em pelo menos um quesito, a aderência não pontua e recebe o valor nulo. O somatório dos pontos é feito na linha “No. de Pontos”. Este é dividido pelo total de produtos programados para o dia e multiplicado por 100, resultando em uma porcentagem. A Equação (9) demonstra o cálculo da aderência ao nivelamento.

$$\text{Aderência (\%)} = \frac{\text{No. de Pontos}}{\text{Total de Tipos de produto}} \times 100 \quad (9)$$

O resultado obtido a partir dessa Equação é o extrato de como se comportou a etapa nivelada para o dia em questão.

- Motivo: para cada falha deve ser preenchido o motivo. Este desvio deve ser relatado também no Pareto de desvios (Figura 12), a fim de receber a atenção necessária e ser prevenido futuramente.

Com a utilização do cálculo da aderência ao nivelamento, podem ocorrer algumas situações que merecem destaque nesse trabalho. Concretamente será apresentado o conceito de janela de exóticos no plano de nivelamento.

No plano de nivelamento da produção, todos os injetores, tanto os correntes como os exóticos, ficam programados para serem produzidos em determinados horários. A janela de exóticos no plano de nivelamento ocorre quando um ou mais itens exóticos são programados em sequência para a produção. Uma janela de exóticos inicia-se ao fim da produção de um modelo de injetor corrente, sendo que o término ocorre no exato momento em que o horário programado ao início da montagem de outro injetor corrente começa. Pode ocorrer a existência de várias janelas de exóticos na formação do plano de nivelamento de produção.

Tanto as janelas de produção de produtos correntes, como a janela de produtos exóticos, obedecem a uma determinada ordem de montagem para os modelos de injetores. Porém, podem ocorrer algumas situações de inversão de produção, que afetam a aderência.

A seguir são apresentadas algumas situações cotidianas dentro do meio produtivo. As descrições dos casos são feitas de modo a fornecer a compreensão do comportamento da aderência ao nivelamento da produção.

a) Quando ocorre a inversão de ordem de produção de injetores exóticos dentro de uma mesma janela no plano de nivelamento. Porém, não é considerado um desvio quando houver a mudança de ordem entre os produtos exóticos dentro de uma mesma janela. A aderência ao nivelamento é máxima se as quantidades forem atendidas.

b) Quando ocorre a substituição de exóticos de janelas diferentes. Quando produtos Exóticos são acomodados em uma janela diferente da planejada, considera-se que houve um desvio na sequência do plano de nivelamento. Neste caso, para ambos os produtos, a pontuação de aderência será nula. Essa determinação ocorre mesmo que as quantidades sejam respeitadas.

c) Quando a sequência do plano de nivelamento não é respeitada: se houver qualquer alteração na sequência de produção para pelo menos um produto corrente a aderência para os tipos envolvidos deve ser anulada.

d) Adição de produção para itens atrasados de dias anteriores: quando houver atraso na produção para qualquer tipo de produto, os cartões Kanban deste devem ser alocados na coluna de “Atrasos” do quadro de nivelamento. Se algum dia existir disponibilidade de tempo ao fim do dia, esses cartões podem ser postos alocados na posição final. Esta ação não impacta nos resultado da aderência ao nivelamento deste dia.

e) Adiantamento de produção: quando existir disponibilidade de tempo produtivo ao fim do dia de trabalho e não houve produtos em atraso, é possível alocar produção para itens que estejam planejados para datas posteriores. Apenas produtos exóticos podem ter seus cartões adiantados. Os adiantamentos não são considerados no cálculo de aderência da etapa nivelada.

### 2.2.2 WIP (*Work In Process*)

De acordo com BPS Manuals (2011), o WIP é a sigla em inglês *Work in Process*. Em português pode ser traduzido como o material produtivo em processo. Este representa o valor financeiro envolvido no processo de produção dos injetores. São considerados os valores estocados após a saída do recebimento de matéria-prima até a sua entrada ao Supermercado de produtos finalizados. Para melhor entender essa definição, é importante o conhecimento de que este indicador leva em conta o valor financeiro do material que sai dos estoques do recebimento e é posto à disposição das etapas produtoras até alcançar a condição de produto final. A partir do momento que o produto é acabado, este segue para o supermercado da expedição, e com isso, deixa de fazer parte dos valores relevantes ao indicador. Dessa forma, como o WIP considera somente produtos em processamento, a matéria prima e o produto final, não entram na definição.

A Figura 21 demonstra a saída da matéria-prima dos estoques do recebimento, a etapa produtiva onde se encontra os valores que compõem o WIP e por fim o produto final que é disponibilizado para os clientes.



**Figura 21 - WIP (Work In Process).**

Fonte: Autoria Própria.

Os valores dos itens e o controle de suas entradas e saídas dos estoques são feitos através do sistema de informações já existente na empresa. Com este é possível encontrar exatamente o custo de cada componente, valores agregados em cada etapa de processamento, localização e quantidades estocadas. Cada componente que entra no processo produtivo tem o seu custo de aquisição. Ao passar por etapas produtivas, estas proporcionam agregação de valor aos itens, até tornarem-se produtos. Este beneficiamento do material também é computado para a obtenção dos valores financeiros necessários aos indicadores. O objetivo é demonstrar o quanto de recursos é imobilizado entre as etapas da manufatura. Quanto menor for o valor agregado a estes estoques, mais recursos estão disponíveis para uso da empresa.

### 2.2.3 TCT (*Total Coverage Time*)

O TCT é a sigla em inglês *Total Coverage Time*. Em português, Tempo Total de Cobertura. Este demonstra os estoques em dias, desde o recebimento da matéria-prima, passando pelos itens envolvidos no processamento produtivo (WIP) até o faturamento do injetor como produto para o cliente final. Este indicador engloba os valores monetários da matéria-prima, considera também o WIP e os estoques de produtos finalizados, ou seja, para o cálculo desse indicador utiliza-se a valor

monetário de todos os estoques da empresa. O conceito envolve também os valores das vendas dos pedidos estabelecidos por clientes para os próximos três meses a partir da data do cálculo.

A Equação (10) abaixo estabelece como o cálculo é feito:

$$\text{TCT} = \frac{\text{Valor estocado em R\$}}{\text{Média de venda para três próximos meses em R\$}} \times 30 \text{ dias} \quad (10)$$

O indicador é dado em dias. Quanto menor for a quantidade de materiais e produtos estocados, menor será o valor do resultado deste cálculo.

A redução deste valor no decorrer do projeto de implantação de melhorias reflete a diminuição da imobilização de recursos, que podem passar a ser aproveitados para outros fins na empresa.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

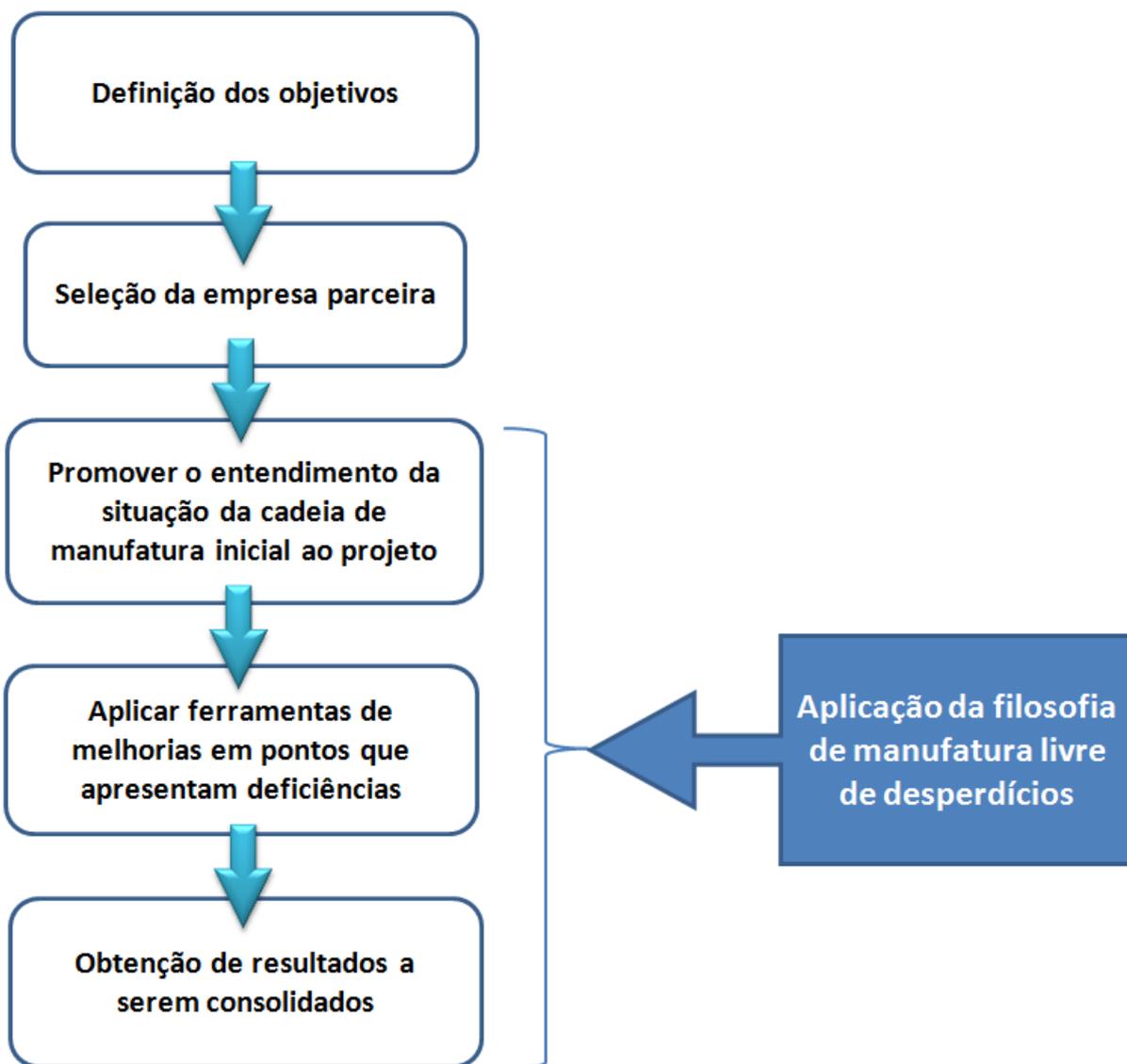
Neste capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa e de execução das etapas do projeto.

#### **3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA E EXECUÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO**

A metodologia de pesquisa utilizada nesse trabalho pode ser dita como bibliográfica, por se tratar de um projeto que utiliza conceitos já publicados por outros autores.

O projeto pode ser classificado, tanto como um estudo de caso, pela da descrição de um projeto real de dentro de uma empresa, quanto de pesquisa participante, pelo fato de o autor ser inserido ao meio produtivo no processo de busca por resultados.

A metodologia de execução das etapas do projeto pode ser mais bem entendida por um fluxograma de atividades. Essa sequência de atividades é demonstrada pela Figura 22.



**Figura 22 - Fluxograma de Execução das Etapas do Projeto.**

Fonte: Autoria Própria.

### 3.1.1 Definição dos Objetivos do Projeto

A primeira etapa para a execução do projeto foi a definição dos objetivos e produtos do projeto, estes levaram em conta o interesse acadêmico de aplicar os

conhecimentos adquiridos no curso de engenharia mecânica e também os interesses da empresa em reduzir os custos de produção e aumentar a fluidez da cadeia de manufatura de seu produtos.

O objetivo geral foi à aplicação de técnicas de produção enxuta na cadeia produtiva de uma empresa do ramo metalúrgico. Os objetivos específicos apresentados foram o entendimento da cadeia de manufatura, a aplicação de melhorias em pontos de deficiência e a obtenção de resultados a serem avaliados por meio de indicadores produtivos.

### 3.1.1 Seleção da Empresa Parceira

Antes de iniciar a procura por uma empresa parceira, alguns requisitos deveriam ser atendidos, esses foram determinados pelo autor da monografia e seu orientador.

A empresa deveria atender os seguintes requisitos:

- Possuir linha de fabricação de componentes mecânicos que apresentasse problemas reais, com relação a excesso de estoques e deficiência na continuidade do fluxo entre processos;
- Permitir o acesso do autor para as informações de dentro da empresa e seus materiais técnicos.
- Os responsáveis pela aplicação de melhorias na empresa deveriam inserir o autor ao meio produtivo e providenciar o entendimento de todos os processos dentro da cadeia de manufatura envolvida.

### 3.1.2 Entendimento da Cadeia de Manufatura

A fim de encontrar pontos específicos para a aplicação de melhorias, era necessário entender a cadeia de manufatura como um todo, enxergando de forma global suas deficiências. Com essa visão ampla das etapas da cadeia produtiva, foi possível planejar quais ferramentas e recursos deveriam ser utilizados para que se atingissem os objetivos previamente estabelecidos.

Fundamentado nos conceitos expostos no referencial teórico, apresentado no capítulo anterior, definiu-se a utilização do mapeamento do fluxo de valor para uma satisfatória compreensão dos problemas encontrados. Dessa forma também os mesmos problemas poderiam ser solucionados através da filosofia da manufatura enxuta. O mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta bastante eficiente, e tem sido uma das mais utilizadas no universo de aplicações da produção enxuta (LEAN SUMMIT, 1999).

### 3.1.3 Aplicação De Ferramentas De Melhorias

Após o entendimento da manufatura, proporcionada pela pesquisa teórica e o mapeamento do fluxo de valor, foi possível encontrar pontos específicos para a aplicação de melhorias. A filosofia de manufatura enxuta mostra que um sistema de produção deve ser puxado pelo cliente final. Dessa maneira, as aplicações de melhorias devem se iniciar no estoque da expedição da empresa, partindo para dentro da empresa. Essas aplicações de melhorias seguem uma sequência planejada. Por essa razão, a proposta de melhorias partiu do pressuposto de que ao se obter o mapeamento do fluxo de valor do estado inicial e posteriormente estabelecer metas para o estado futuro seria possível aplicar para toda a cadeia de manufatura algumas melhorias para obter maior controle sobre estoques e mais fluidez dentro da cadeia de manufatura.

### 3.1.4 Obtenção Dos Resultados A Serem Consolidados

A maneira escolhida para entender o comportamento da cadeia de manufatura perante as melhorias foi por meio de indicadores produtivos e financeiros, estes demonstram de modo quantitativo as consequências da utilização da filosofia de produção enxuta. Desse modo possibilitaram o comparativo entre o início e o fim do projeto, gerando resultados palpáveis.

Outra forma encontrada para a consolidação dos resultados foi a apresentação do mapeamento do fluxo de valor para o final do projeto, neste são demonstradas as mudanças realizadas dentro da cadeia de manufatura da empresa parceira selecionada.

## 4 APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Os procedimentos metodológicos descritos no capítulo 3 deste trabalho de conclusão de curso se fundamentaram no referencial teórico descrito no capítulo 2 e na vivência prática do autor dentro da empresa em que este trabalho foi desenvolvido.

No presente capítulo é descrito como foram aplicados os procedimentos metodológicos para alcançar os objetivos do trabalho. No início do projeto, buscaram-se formas de tratar os problemas com o excesso de estoque e falta de continuidade no fluxo entre processos. Para tanto, considerou-se: a análise das condições iniciais da cadeia produtiva, para a definição de metas para o final do projeto e então fazer a representação dos resultados. A apresentação dos estágios do projeto é feita com o uso do mapeamento do fluxo de valor (MFV) e dos indicadores produtivos e financeiros.

### 4.1 UTILIZANDO O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

Conforme abordado anteriormente, o mapeamento do fluxo de valor proporciona uma visão ampla sobre as etapas em que o material produtivo passa, desde os fornecedores, até tornar-se produto e chegar aos clientes. Esse mapeamento foi dividido em duas etapas, no que se refere ao modo como foram efetivadas as aplicações das melhorias. Essas etapas são o mapeamento do estado inicial e o mapeamento do estado final do projeto.

Por meio de reuniões foi possível a integração do autor com os participantes do projeto de implantação da manufatura enxuta na empresa. Nesses encontros foram adquiridas informações sobre as condições do meio produtivo e também foram tomadas diversas decisões.

#### 4.1.1 Mapeamento do Estado Inicial do Projeto

No início do projeto foi mapeada a cadeia de manufatura de Injetores de combustível, de forma a entender qual era a situação das etapas produtivas nesse momento. Este mapeamento foi feito baseado na fundamentação teórica apresentada no capítulo 2, no levantamento das informações referentes aos estoques dentro da empresa, aos tempos produtivos e aos operadores envolvidos nos processos de fabricação da linha de produção.

Nesse estado inicial, pôde-se perceber o estoque com ineficiência de controle na expedição de produtos acabados. Por outro lado, a produção era empurrada, ou seja, o departamento de planejamento produtivo tinha que lidar com o que havia disponível no recebimento de matéria prima. Era necessário, em alguns pontos que fossem instalados meios de se puxar a produtividade. Por esse motivo a aplicação de melhorias foi feita de trás para frente, da expedição em direção ao recebimento de matéria prima.

Após a etapa de montagem de injetores, existe uma etapa de testes, essa etapa é também chamada, pelo mapeamento, como Linha de exames que já se comunicava com o nivelamento primitivo da linha de montagem. A passagem de informação era feita por meio de cartões *Kanban* que eram planejados conforme disponibilidade de material nos estoques também empurrados das etapas anteriores. Os cartões *Kanban* eram impressos conforme necessidade, uma vez que não havia um eficiente cálculo de itens necessários para o abastecimento do estoque da expedição.

O mapeamento do fluxo de valor inicial é mostrado pela Figura 23.

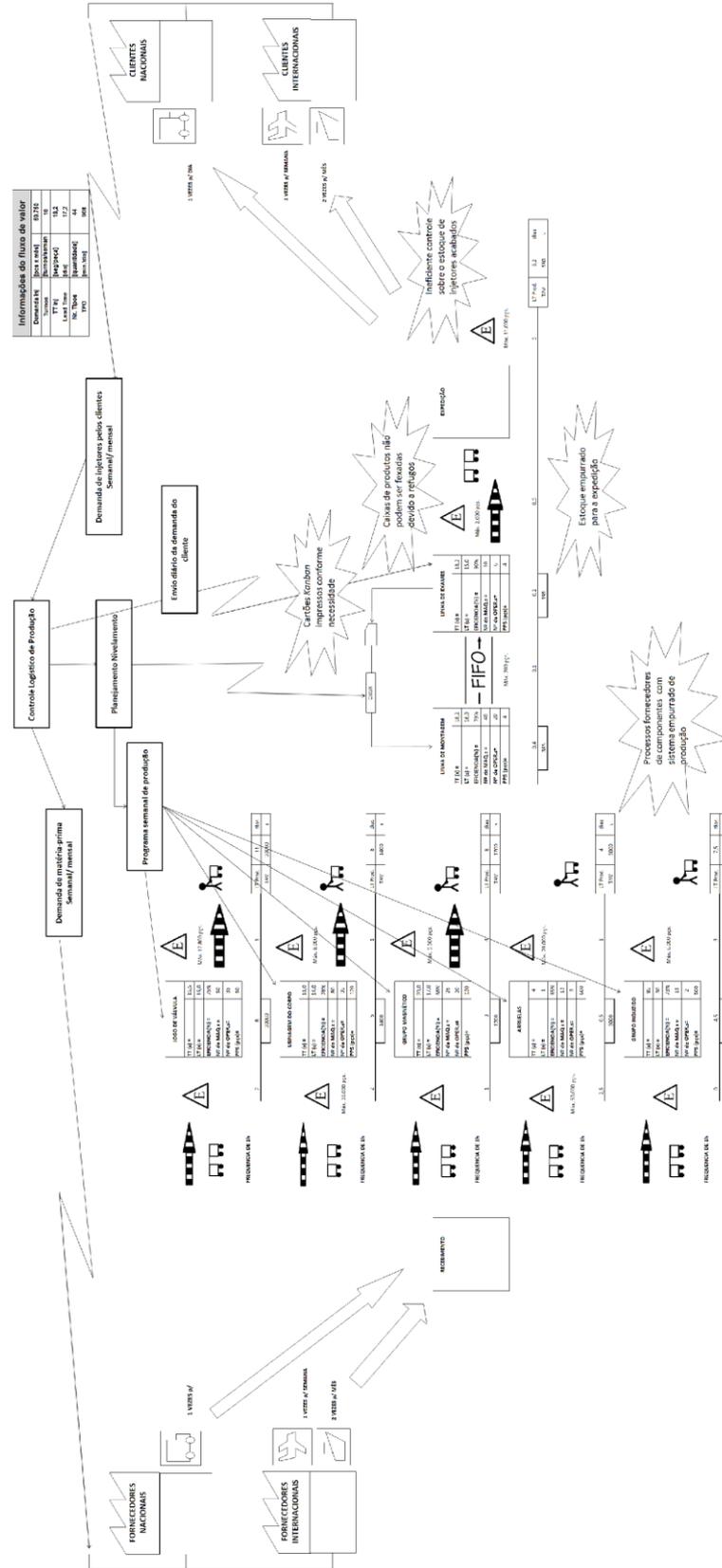


Figura 23 - Mapeamento do fluxo de valor para o início do projeto.  
 Fonte: Autoria Própria.

## 4.2 PLANEJAMENTO DO ESTADO FINAL DO PROJETO

As melhorias tiveram de ser planejadas sobre as condições iniciais da cadeia de manufatura de injetores, para que fosse possível atingir o mapeamento do fluxo de valor final e a constatação do beneficiamento da cadeia de manufatura. O planejamento de melhorias visava principalmente atender os objetivos gerais e os objetivos específicos, listados anteriormente. Os produtos do trabalho também foram importantes orientações para a escolha da metodologia a ser utilizada. Esses produtos do trabalho geraram aumento de fluidez da cadeia de manufatura de injetores.

Para a obtenção do mapeamento do fluxo de valor em seu estado final, após o entendimento da cadeia de manufatura em seu estado inicial, foi necessária a confecção de um estado intermediário, dito como futuro. Esse estado futuro mostra o esboço de como foi planejada a cadeia produtiva, após a aplicação de melhorias propostas. Em outras palavras é a definição gráfica das metas de melhorias a serem aplicadas no projeto.

A Figura 24 ilustra o mapeamento do fluxo de valor definido para as metas de melhorias a serem implantadas.

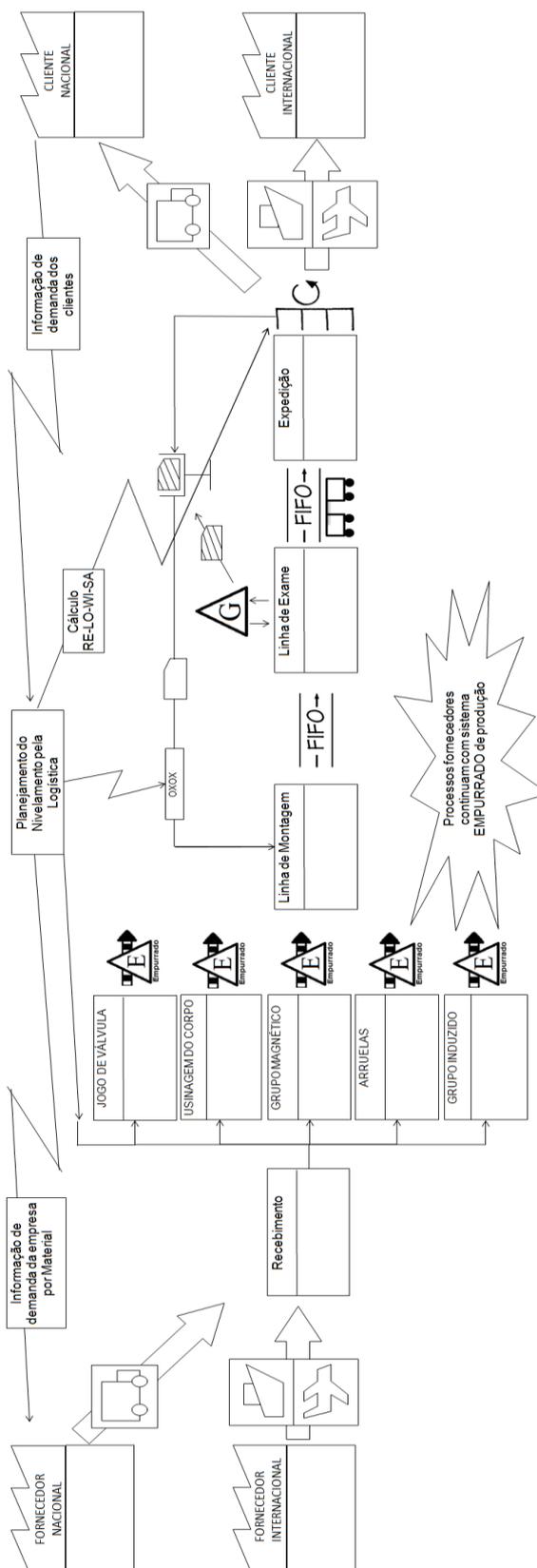


Figura 24 - Mapeamento do fluxo de valor para metas de melhorias.

Fonte: Autoria Própria.

#### 4.2.1 Implantação do Supermercado

A partir do estoque com falta de controle de quantidades, foi verificada a possibilidade de se implantar um supermercado na saída da expedição para os clientes. Com o uso dessa ferramenta reduz-se os impactos causados pelas variações nas demandas dos clientes sobre as etapas produtivas dentro da empresa em questão.

O primeiro cálculo de supermercado foi feito sobre o estoque ineficiente da expedição. Este apresentava excesso produtivo. Como foi dito anteriormente nesse trabalho, o cálculo do supermercado é realizado sobre dados concretos das demandas de clientes. Na sequência será apresentado como aconteceu o dimensionamento desse estoque controlado, pela apresentação da forma da matriz RE-LO-WI-SA e seus resultados. Os dados utilizados para essa explicação didática foram alterados, porém são muito próximos à realidade. Serão mostrados os cálculos de quantidades de cartões *Kanban* para compor os níveis de estocagem para quatro modelos de injetores, classificados previamente como correntes. Os fatores da matriz RE-LO-WI-SA delimitam cada nível de estocagem. Ao final da tabela serão estratificadas as quantidades totais de cartões *Kanban* e também sua representação em número de injetores. O número de injetores é encontrado considerando que cada cartão *Kanban* contenha duzentos e quarenta itens, assim como é praticado pela empresa em questão.

Os procedimentos que serão representados abaixo foram obtidos por meio de reuniões com o responsável pela tarefa na empresa. Essas reuniões tinham por intuito, o esclarecimento sobre o como é feita a análise de classificação dos itens em correntes e exóticos.

A primeira etapa na classificação dos produtos em correntes e exóticos é a extração da informação do sistema da empresa de demanda para os três próximos meses. O planejamento produtivo obtém esses dados pelo sistema interno da empresa e monta a planilha mostrada pela Tabela 3. No campo “No.” é apresentada a ordem dos produtos, a partir do número 1. No campo “Número de Tipo” é apresentado o código de identificação de cada tipo injetor. Já nos campos que apresentam meses, como “Mar/13” é extraído as quantidades demandadas para o

respectivo mês. No campo “Soma”, os valores de demandas são somados na horizontal para cada tipo de injetor nos três meses apresentados na planilha, no caso: março, abril e maio. Por fim, no campo “Total” calcula-se a soma vertical para cada mês exclusivamente. Sendo possível com essa análise projetar a demanda futura baseada nos dados desses três meses.

**Tabela 3 - Exemplo de planilha para plano de demanda para injetores.**

<b>Plano demandado para injetores (15/02)</b>					
<b>No.</b>	<b>Número de Tipo</b>	<b>mar/13</b>	<b>abr/13</b>	<b>mai/13</b>	<b>Soma</b>
1	PART.NUM.001	mar.Qt1	abr.Qt1	mai.Qt1	Soma.001
2	PART.NUM.002	mar.Qt2	abr.Qt2	mai.Qt2	Soma.002
3	PART.NUM.003	mar.Qt3	abr.Qt3	mai.Qt3	Soma.003
4	PART.NUM.004	mar.Qt4	abr.Qt4	mai.Qt4	Soma.004
5	PART.NUM.005	mar.Qt5	abr.Qt5	mai.Qt5	Soma.005
6	PART.NUM.006	mar.Qt6	abr.Qt6	mai.Qt6	Soma.006
7	PART.NUM.007	mar.Qt7	abr.Qt7	mai.Qt7	Soma.007
8	PART.NUM.008	mar.Qt8	abr.Qt8	mai.Qt8	Soma.008
9	PART.NUM.009	mar.Qt9	abr.Qt9	mai.Qt9	Soma.009
10	PART.NUM.010	mar.Qt10	abr.Qt10	mai.Qt10	Soma.010
11	PART.NUM.011	mar.Qt11	abr.Qt11	mai.Qt11	Soma.011
12	PART.NUM.012	mar.Qt12	abr.Qt12	mai.Qt12	Soma.012
13	PART.NUM.013	mar.Qt13	abr.Qt13	mai.Qt13	Soma.013
14	PART.NUM.014	mar.Qt14	abr.Qt14	mai.Qt14	Soma.014
15	PART.NUM.015	mar.Qt15	abr.Qt15	mai.Qt15	Soma.015
...	...	...	...	...	...
<b>TOTAL</b>		Total_mar	Total_abr	Total_mai	

Fonte: Procedimento seguido pela empresa.

A atividade descrita mostrada pela Tabela 3 é feita na empresa, após o término de toda primeira quinzena mensal, para a projeção de demanda dos meses seguintes.

Os itens são posteriormente organizados do maior para o menor somatório a ser produzido neste período. Este procedimento é mostrado pela Tabela 4.

Tabela 4 - Extrato do plano demandado para injetores.

Extrato do plano demandado para injetores					
No.	Número de Tipo	Demanda	% Total	% Acum.	ABC
5	PART.NUM.005	soma.005	20,50%	20,50%	A
13	PART.NUM.013	Soma.013	16,20%	36,70%	A
3	PART.NUM.003	Soma.003	14,80%	51,50%	A
12	PART.NUM.012	Soma.012	12,50%	64,00%	A
9	PART.NUM.009	Soma.009	6,20%	70,20%	B
6	PART.NUM.006	Soma.006	5,60%	75,80%	B
11	PART.NUM.011	Soma.011	5,50%	81,30%	B
10	PART.NUM.010	Soma.010	4,60%	85,90%	B
8	PART.NUM.008	Soma.008	3,80%	89,70%	B
2	PART.NUM.002	Soma.002	2,70%	92,40%	C
14	PART.NUM.014	Soma.014	2,60%	95,00%	C
1	PART.NUM.001	Soma.001	2,40%	97,40%	C
4	PART.NUM.004	Soma.004	2,35%	99,75%	C
15	PART.NUM.015	Soma.015	0,15%	99,90%	C
7	PART.NUM.007	Soma.007	0,10%	100,00%	C
<b>TOTAL</b>		Soma_Dem.	100,00%	-	

Fonte: Procedimento seguido pela empresa.

Na tabela 4 está representada uma planilha com informações retiradas também do sistema. Essa planilha contém dados armazenados na planilha da Tabela 3 e nela são encontradas para cada linha as informações referentes à produção de cada tipo de injetor. O campo “demanda” apresenta as informações contidas no campo “soma” da planilha da Tabela 3. O campo “% Total” representa o percentual da demanda trimestral de cada tipo de injetora pela demanda trimestral total, ambas previamente calculadas na Tabela 3. O campo “% Acum” representa a porcentagem acumulada da demanda.

O somatório de todas as demandas trimestrais é encontrado na última linha da planilha na célula “Soma\_Dem”. Ele indica quantos injetores serão retirados dos estoques do Supermercado ao fim dos três meses seguintes à análise de produtos, para que a partir da demanda ocorra uma posterior classificação entre correntes e exóticos. Por fim, tem-se a classificação utilizando a ferramenta de classificação “ABC” para identificar a demanda. Após a ordenação decrescente de volumes, os

itens recebem as denominações “ABC”. Cada letra representa uma faixa do percentual acumulado para o total demandado, como explicado a seguir:

- “A”: designada para os produtos que se encontram dentro da faixa de até setenta por cento (70%) da demanda percentual acumulada;
- “B”: itens cuja demanda percentual acumulada se situam acima de setenta e abaixo de noventa por cento (70%-90%);
- “C”: para demandas percentuais acumuladas acima de noventa por cento (90%).

Depois de finalizada a planilha de extração de dados e classificação de demandas, inicia-se a etapa de determinação do histórico de frequência, como é apresentado pela Tabela 5.

**Tabela 5 - Histórico de frequência de puxada de clientes para injetores.**

<b>Histórico de frequência para injetores (15/01)</b>		
<b>No.</b>	<b>Número de Tipo</b>	<b>Classificação da demanda (3 meses anteriores)</b>
1	PART.NUM.001	X
2	PART.NUM.002	Y
3	PART.NUM.003	Z
4	PART.NUM.004	Z
5	PART.NUM.005	X
6	PART.NUM.006	Z
7	PART.NUM.007	Z
8	PART.NUM.008	Y
9	PART.NUM.009	Z
10	PART.NUM.010	Z
11	PART.NUM.011	Y
12	PART.NUM.012	Y
13	PART.NUM.013	Y
14	PART.NUM.014	X
15	PART.NUM.015	Z

Fonte: Procedimento seguido pela empresa.

Na tabela 5 tem-se no campo “Classificação da Demanda (três meses anteriores)”, a classificação da demanda já calculada previamente pelas letras “XYZ”, que indicam a frequência de pedidos.

O planejador produtivo da empresa atribui para cada item as letras classificatórias, conforme sua experiência ao lidar com a cadeia produtiva. Este profissional se baseia nos dados de frequência de vendas para os três meses anteriores à classificação. Por exemplo, se for tomado novamente o mês de fevereiro, as frequências de vendas consideradas seriam para os meses anteriores, janeiro do mesmo ano e novembro e dezembro do ano anterior.

Com a noção do volume demandado e frequência de puxadas pelos clientes é possível determinar os produtos que serão denominados como correntes ou exóticos. A Tabela 6 mostra como é feita essa denominação.

**Tabela 6 - Análise da demanda: ABC-XYZ.**

<b>ANÁLISE DE DEMANDA</b>					
<b>No.</b>	<b>Número de Tipo</b>	<b>ABC</b>	<b>XYZ</b>	<b>Runner/Exótico</b>	<b>Volume</b>
5	PART.NUM.005	A	X	Corrente	Soma.005
13	PART.NUM.013	A	Y	Corrente	Soma.013
3	PART.NUM.003	A	Z	Corrente	Soma.003
12	PART.NUM.012	A	Y	Corrente	Soma.012
9	PART.NUM.009	B	Z	Exótico	Soma.009
6	PART.NUM.006	B	Z	Exótico	Soma.006
11	PART.NUM.011	B	Y	Corrente	Soma.011
10	PART.NUM.010	B	Z	Exótico	Soma.010
8	PART.NUM.008	B	Y	Exótico	Soma.008
2	PART.NUM.002	C	Y	Exótico	Soma.002
14	PART.NUM.014	C	X	Exótico	Soma.014
1	PART.NUM.001	C	X	Exótico	Soma.001
4	PART.NUM.004	C	Z	Exótico	Soma.004
15	PART.NUM.015	C	Z	Exótico	Soma.015
7	PART.NUM.007	C	Z	Exótico	Soma.007

Fonte: Procedimento seguido pela empresa.

Na Tabela 6, para cada linha referente a um Número de tipo, são postadas as designações para as demandas futuras (“ABC”) e para as frequências de retiradas passadas (“XYZ”). Com o cruzamento das informações são encontradas as classificações em correntes ou exóticos.

O extrato final é montado a partir da organização dos produtos em correntes ou exóticos. Este é apresentado pela Tabela 7 e contém as informações de:

- Quantos números de tipos são designados a cada classificação;
- A representação percentual desses valores sobre o total de itens considerados;
- Os Volumes trimestrais demandados para cada classificação;
- E o quanto estes representam percentualmente sobre a demanda total.

**Tabela 7 - Extrato final de quantidade de itens correntes e exóticos.**

No.	Qtde.	% N° Total	Volume	% Volume Total
Corrente	5	33,33%	$\Sigma$ Soma.Correntes	$\frac{\Sigma \text{ Soma.Correntes}}{\text{Soma\_Dem.}}$
Exótico	10	66,67%	$\Sigma$ Soma.Exóticos	$\frac{\Sigma \text{ Soma.Exóticos}}{\text{Soma\_Dem.}}$
<b>TOTAL</b>	15	100%	Soma_Dem.	100%

Fonte: Procedimento seguido pela empresa.

A Tabela 8 representa o dimensionamento de supermercado citado acima, a utilização dessa ferramenta será descrita logo após a sua apresentação. O preenchimento das informações foi feito para as células de fundo branco, de cima para baixo, dessa forma, são encontrados os resultados nas células de fundo cinza, para cada fator da matriz RE-LO-WI-SA. Os níveis de estocagem indicados pelas cores verde, amarela e vermelha, são resultados automáticos de equações da planilha.

Tabela 8 - Dimensionamento de supermercado com a matriz RE-LO-WI-SA.

		PART.NUM.001	PART.NUM.002	PART.NUM.003	PART.NUM.004
RE	<b>RE = RTLoop x PR/ (TPO x NPK)</b>	7,9	5,0	5,6	6,6
	RTLoop [min]	5760	4320	4320	7200
	TPO diário (média do mês) [min]	908	908	908	908
	PR = Demanda diária por N° de tipo [pçs]	300	250	280	200
	NPK [pçs]	240	240	240	240
LO	<b>LO = (LS / NPK) - 1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0
	LS [pçs]	240	240	240	240
WI	<b>WI = (WA / NPK) - RE - LO</b>	-1,3	0,0	0,3	-2,2
	Se ((WA/NPK) - RE - LO) ≤ 0 então WI = 0	0,0	0,0	0,3	0,0
	WA [pçs]	1600	1200	1400	1050
SA	<b>SA = quantidade adicional / NPK</b>	20,8	14,6	8,3	5,0
	quantidade adicional [pçs]	5000	3500	2000	1200

Dimensionamento RE-LO-WI-SA				
RE	7,9	5,0	5,6	6,6
LO + WI	0,0	0,0	0,3	0,0
SA	20,8	14,6	8,3	5,0
<i>total de Kanbans</i>	28,8	19,6	14,2	11,6

Arredondamento RE-LO-WI-SA				
RE	8,0	5,0	6,0	7,0
LO + WI	0,0	1,0	1,0	0,0
SA	21,0	15,0	9,0	5,0
<i>total de cartões Kanbans</i>	29,0	20,0	15,0	12,0
			<b>TOTAL Kanbans</b>	<b>76</b>
<i>total em quantidade de injetores</i>	6960	4800	3600	2880
			<b>TOTAL Injetores</b>	<b>18.240</b>

Fonte: Autoria Própria.

Para iniciar o preenchimento da planilha mostrada pela tabela anterior, foi necessária a troca de informações entre os departamentos de produção efetiva, vendas e programação produtiva. O RTloop foi calculado pelo departamento de produção efetiva, conforme foi descrito no capítulo teórico desse trabalho. Esse tempo, também é chamado de *Lead Time de Reposição*, e representa o período necessário para a reposição da quantidade prevista para um cartão *Kanban* de volta para o supermercado. O TPO mostra a quantidade de tempo em minutos disponíveis para a fabricação de produtos, conforme foi enunciado anteriormente. Esse considera as paradas programadas no mês. O cálculo do tempo total existente para trabalho dentro de um mês, utilizado na Equação (1), é montado pela multiplicação das variáveis:

- Horas por turno: na empresa em questão são trabalhadas oito horas por turno;
- Minutos dentro de uma hora: este valor é fixo e vale sessenta minutos;
- Turnos por dia de trabalho: para o período do projeto em descrito nesta monográfica, foi estabelecida a utilização de dois turnos diários de produção;
- Quantos dias úteis existem no mês de análise.

Como resultado, por exemplo, o tempo total existente para a produção para um determinado mês que possuir 22 dias úteis é de 21.120 minutos.

O TPO mensal deve ser dividido pelo número de dias úteis à produção, para então ser utilizado nessa planilha. Para cada modelo de injetor foi encontrada a demanda diária a partir dos pedidos dos clientes para o mês todo, dividindo-os pelos dias úteis cabíveis a esse mesmo mês. Com esses dados e o número de produtos designados para cada cartão *Kanban*, foi possível encontrar o número de cartões para cada tipo de injetor, referentes ao fator “RE” matriz. A Equação (4) na página 52 desse trabalho, mostra como é calculado esse fator.

Foi preciso estabelecer o tamanho de um lote, representado pela sigla “LS”, assim era possível encontrar o número de cartões necessários para suprir a necessidade dos clientes enquanto a empresa forma seus lotes de produtos. A empresa em questão é capaz de produzir lotes com tamanhos idênticos ao número de peças por *Kanban*, sendo assim, qualquer modelo de injetor tem o fator “LO” considerado como valor zero. Caso os lotes dessa empresa fossem compostos por 480 injetores, o valor do fator “LO” seria um. Como pode ser comprovado pela utilização da Equação (6) na página 55, presente no capítulo teórico dessa monografia.

As retiradas dos clientes a partir dos pedidos são planejadas pelo departamento de vendas da empresa. Para o fator “WI” foi considerada a maior puxada futura dentro do período de tempo RTloop para cada tipo de injetor. A Equação (7) na página 55, mostra como foi feito o cálculo desse fator, utilizando-se também dos outros dois fatores acima descritos, o “RE” e o “LO”. Como foi explicado no capítulo 2, quando o resultado para “WI” for negativo, deve-se considerar a quantidade de cartões *Kanban* para esse fator como sendo zero.

O fator “SA” foi definido pela diretoria da empresa juntamente com os departamentos de vendas e de programação produtiva, a quantidade adicional utilizadas na Equação (8) na página 57 não possui uma metodologia de cálculo. As quantidades para todos os modelos de injetores correntes foram estabelecidas em primeiro momento para proporcionar um maior fator de segurança. Portanto, a cada recálculo do supermercado, os líderes responsáveis pela decisão de quantidades adicionais, devem entender como reduzir essa faixa de estocagem.

O dimensionamento RE-LO-WI-SA mostrado na tabela anterior, representa as equações para se determinar as faixas de estocagem para cada modelo de injetores correntes, produzidos por essa linha de montagem. Essas faixas foram definidas por cores, da mesma forma em que foi apresentado no capítulo teórico, no momento em que foi explicado o quadro de retorno. As faixas de estocagem são:

- Amarelo (LO + WI): excesso produtivo ou puxada reduzida;
- Verde (RE): estocagem estável;
- Vermelho (SA): supermercado quase vazio, pode não suprir demanda;

As quantidades de cartões *Kanban* devem ser indicadas por números inteiros, dessa forma, é necessário o arredondamento para cima dos resultados para cada modelo de injetor que consta nesse dimensionamento de supermercado. Ao final dos cálculos, o total de número de cartões puderam ser somados e posteriormente multiplicados pelo número de injetores por *Kanban*, assim foi encontrada a quantidade máxima de itens programados para a estocagem. Para o total de 76 cartões *Kanban*, são designados 18.240 injetores, para quando o supermercado estiver cheio. Esses valores são os extremos admissíveis para o excesso produtivo, nunca deve-se atingir essas quantidade em estoque.

Anteriormente ao cálculo não se praticava um planejamento capaz de melhorar os níveis de estocagem. O recálculo mensal do supermercado proporciona melhor noção ao se definir os limites de segurança, sendo que para a matriz RE-LO-WI-SA, esse limite é mostrado pelo fator “SA”. Este recálculo foi e continua sendo feito, com a utilização da matriz mostrada pela Tabela 8. A melhora da compreensão sobre o comportamento desse tipo de estoque, perante as demandas dos clientes,

proporciona aos líderes de produção, a capacidade de refinarem suas decisões sobre o volume de material necessário aos estoques. O supermercado é constantemente reprojetoado para a obtenção de uma faixa de estocagem segura e mais eficiente. Dessa maneira, sempre que o cliente apresentar necessidade de algum produto é possível atender prontamente à sua demanda.

#### 4.2.2 Aplicação do Sistema *Kanban* Adequado ao Supermercado

Na empresa em que o trabalho em questão foi realizado, os cartões Kanban possuem dados do número do tipo de injetor, ou seja, o código de referência do modelo em questão dentro da empresa. Sendo que, tem-se um código diferente para cada estágio da produção, desde a matéria-prima até o produto final. Também é informada a nomenclatura da peça, que é o nome da mesma. É mostrada também a quantidade de itens que existem dentro de uma caixa representada pelo cartão.

Cada cartão representa um determinado número de tipo, ou seja, um determinado código, e uma quantidade, mostrada pelo mesmo. Dessa forma, se uma caixa onde contenham 240 injetores for recolhida pelo cliente final no Supermercado, o cartão que ficava anexo ao lado de fora dessa caixa deve ser retornado à etapa de produção para que ocorra a fabricação deste modelo de injetor para a reposição das unidades retiradas. Assim, a empresa garante que a produção saia novamente da mesma forma e com as mesmas características, garantindo dessa maneira, o controle de produção.

Os cartões não existem somente para produtos finalizados, pois também são utilizados para dar informações sobre os itens que compõem a montagem dos injetores, desde que os mesmos sejam devidamente indicados de acordo com o estágio em que se encontram, promovendo assim, um sistema de informações prático e de fácil acesso para todos na produção.

Antes das melhorias apresentadas nesse trabalho, os cartões Kanban eram impressos e organizados conforme a necessidade de produção da empresa. A necessidade de montagem de injetores podia ser nivelada, porém, a obtenção de produtos acabados não supria um estoque baseado na necessidade dos clientes,

mas sim para o consumo das reservas de matéria-prima que estavam disponíveis para a montagem dos injetores. A priorização para a fabricação, devido à ocorrência de um baixo estoque para um determinado modelo de injetor, também poderia forçar a ordem de produção.

Com o cálculo do supermercado as quantidades de cartões *Kanban* passaram a ser fixas. A introdução do quadro de retorno permitiu organizar as retiradas feitas pelos clientes nos estoques da expedição da empresa. As atividades envolvendo o quadro de retorno são realizadas com o uso dos cartões *Kanban*, conforme descrito na fundamentação teórica. Esses cartões indicam quais são os produtos e as quantidades a serem fabricadas. Dessa maneira, as retiradas de produtos feitas pelos clientes, passam a ser apresentadas visualmente, para que qualquer colaborador da empresa entenda a situação de estocagem de um determinado modelo de injetor.

#### 4.2.3 Nivelamento do Processo de Montagem

A etapa de montagem nivelada apresentava razoável rendimento quanto à organização dos *setups* nas trocas de modelos de injetores a serem fabricados, mas essa etapa ainda produzia para um estoque que não apresentava claramente sua necessidade.

Após a implantação do supermercado se estabeleceu a comunicação entre o quadro de retorno e o quadro de nivelamento (*Heijunka*), através do plano de nivelamento. Esses quadros permitem o intercâmbio de informações, via *Kanban*, contidas no quadro de retorno do supermercado. Após a implantação da metodologia deste projeto, essa etapa nivelada passou a receber a ordem de produção via cartões de produção diretamente do quadro de retorno do supermercado.

As etapas precedentes à montagem também passaram a planejar sua produção de acordo com a necessidade do supermercado. De forma que, os itens que constarem no plano de nivelamento, dão a noção da demanda de componentes necessários para suprir a linha de montagem. Portanto, os cartões *Kanban*

possibilitam a conexão de todas as etapas produtivas a partir da retirada de produtos do supermercado. A produção tornou-se mais puxada e o excesso produtivo foi amenizado.

Na sequência é apresentado um exemplo para melhor entendimento do nivelamento. Esse exemplo foi elaborado durante reuniões realizadas com os responsáveis pelo nivelamento da produção dentro da empresa onde foi realizado este trabalho. O exemplo de aplicação da teoria do nivelamento pode ser dado pelo Quadro 4.

<b>PRODUTO: XXXX.XXX.XXX</b>						
<b>Dia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Demanda do Cliente</b>	<b>100</b>	<b>4000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>900</b>	<b>5000</b>
<b>Produção s/ Nivelamento</b>	<b>100</b>	<b>4000</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>900</b>	<b>5000</b>
<b>Produção c/ Nivelamento</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>5000</b>

#### **Quadro 4 - Demanda Nivelada.**

Fonte: Autoria própria.

Com a demanda total nivelada, conforme demonstrado no quadro, é possível efetivar um trabalho padrão da produção. Essa divisão do volume total em quantidades menores dá aos processos e aos operadores a noção do que deve estar disponível com relação ao material produtivo e capacidade operacional.

No Quadro 5 é verificada a situação de estocagem conforme a demanda do cliente. O quadro será explicado adiante.

PRODUTO: XXXX.XXX.XXX						
Dia	1	2	3	4	5	TOTAL
Estoque antes da Entrada da Produção	0	900	-2100	-1100	-100	
Entrada da Produção	1000	1000	1000	1000	1000	5000
Retirada do Cliente	100	4000	-	-	900	5000
Estoque após a retirada do cliente	900	-2100	-1100	-100	0	

**Quadro 5 – Estocagem conforme retirada sobre quantidades niveladas.**

Fonte: Autoria própria.

No Quadro 5 acima, a sequência de acompanhamento dos valores segue as setas em vermelho.

Na primeira Linha é mostrada a quantidade de produtos em estoque antes da entrada na produção. Essas quantidades são mostradas para cada um dos cinco dias úteis da semana em questão.

Na segunda linha do quadro são informadas as quantidades de produtos fabricados com a utilização da ferramenta de nivelamento de produção.

Na terceira linha deste mesmo quadro são mostradas as retiradas referentes aos pedidos dos clientes.

Por fim é apresentado o estoque diário para o modelo de injetor dentro da empresa.

Os estoques de produtos devem priorizar a maior demanda negativa, como demonstrada pelo saldo negativo circulado em vermelho no quadro anterior. O supermercado deve ter níveis de estocagem superiores a este volume sempre.

No decorrer dos dias de produção, podem ocorrer falhas que paralisam ou geram retrabalhos na linha de montagem. Para a implantação das melhorias do projeto, buscaram-se meios para conter essas falhas. Os desvios na efetividade do atendimento ao plano de nivelamento da produção passaram a receber tratamento. O controle sobre falhas e desvios no processo de montagem se inicia através do

preenchimento do gráfico de Pareto de desvios, mostrado pela Figura 12 desta monografia. Neste gráfico são demonstrados os impactos das falhas sobre a produção em termos de número de cartões afetados. Para estabelecer um histórico mensal e possibilitar a contenção desses problemas é utilizada a ferramenta chamada de histórico mensal de desvios, mostrado pela Figura 13. Essa ferramenta baseia-se no relatório diário organizado pelo Pareto de desvios. Os problemas recebem tratamento e reduzem a ocorrência de paradas não programadas.

Na etapa de montagem, também foi aplicado o controle da aderência ao nivelamento da produção, e com isso obteve-se o relato sobre como essa linha se comporta perante o segmento ao plano de produção. Este seguimento ao plano deve obedecer à programação da sequência produtiva e da quantidade designada para cada tipo de injetor. O controle da aderência ao nivelamento é feito no momento da troca de produção dos modelos de injetores. Quando ocorre o cumprimento da produção da quantidade programada na sequência correta, os campos da planilha, referentes a esses quesitos recebem a marcação de “OK” e a aderência soma um ponto, como mostrado no exemplo da Tabela 9 para as duas primeiras linhas. Se houver qualquer desvio em um desses quesitos, a planilha deve ser marcada com um “X” e a aderência não pontua. Esse último caso aconteceu para os três números de tipo, mostrados nas linhas inferiores da tabela a seguir.

**Tabela 9 - Preenchimento da planilha de aderência ao nivelamento.**

Aderência ao nivelamento				
Número de tipo	Sequência	Quantidade	Aderência	Motivo
PART.NUM.001	ok	ok	1	
PART.NUM.002	ok	ok	1	
PART.NUM.003	x	ok	0	Falta de corpo usinado para a montagem do modelo de injetor.
PART.NUM.004	x	ok	0	Item teve de ser adiantado para cobrir falta de componente para outro modelo de injetor.
PART.NUM.005	ok	x	0	A quantidade de injetores fabricados não foi suficiente para atingir o planejado
		Nº de pontos	2	
		Total de tipos	5	
		<b>Aderência do dia (%)</b>	<b>40,0%</b>	

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 9, para cada linha onde constar um desvio no cumprimento da programação produtiva deve ser preenchida a coluna “Motivo”, esses campos

explicam a causa da falha produtiva e são também inseridos no gráfico de Pareto de desvios. Ao fim do dia de produção, os pontos para a aderência ao nivelamento são somados na linha “No. de pontos”. A quantidade de modelos de injetores diferentes fabricados nesse dia é mostrada pela linha “Total de tipos”. Para a obtenção da aderência diária utiliza-se a Equação (9) na página 75, presente no capítulo 2. A aderência ao nivelamento para o exemplo é de 40%, mostrada na linha mais inferior da Tabela 9. Esta ferramenta tem como função controlar percentualmente a efetividade da produção ao seguir o plano de produção no que diz respeito às quantidades demandadas e sequência de *setups*. Os volumes necessários para atender os clientes devem ser fabricados em horários programados, para não gerar atrasos na etapa de montagem de injetores. Por outro lado, a sequência planejada deve ser realizada considerando os menores tempos de *setup* entre os tipos de produtos a serem fabricados. O acompanhamento das informações da produção é feito em tempo real, em outras palavras, no momento de cada troca de tipo de produto a ser montado atualiza-se a planilha de cálculo da aderência ao nivelamento. Ao fim do dia, o valor percentual da eficiência da linha de montagem pode ser verificado. A partir do acompanhamento diário da aderência é montado um histórico mensal, onde são conferidas as metas planejadas para as aderências diárias. A média mensal é calculada somando-se os valores diários e então os dividindo pelo número de dias trabalhados. Foi possível montar históricos mensais para a aderência ao nivelamento, esses são mostrados pelos anexos “A”, “B”, “C” e “D” dessa monografia e serão discutidos mais adiante, no momento da apresentação dos resultados do projeto.

A aderência ao nivelamento da etapa de montagem pôde ser aumentada por meio das melhorias trazidas pelo tratamento dos problemas, postados no gráfico de Pareto de desvios e controlados com o uso do histórico mensal para essas falhas. O aumento da aderência significa que o plano de nivelamento está sendo mais bem efetivado, sendo assim, a linha de montagem está utilizando as melhores opções de *setups* e conseqüentemente o fluxo de materiais da cadeia produtiva melhorou.

Com as melhorias aplicadas ao nivelamento foi possível beneficiar o modo de compra de material utilizado para a montagem dos injetores. Todas as manhãs são feitas reuniões, com os representantes da linha de montagem, planejadores da produção e líderes das etapas fornecedoras de material produtivo. Nesta reunião

diária o plano de produção é apresentado e incluído no quadro de nivelamento. Em seguida, é realizada uma discussão sobre os estoques e as capacidades de produção dos componentes a serem fornecidos à linha de montagem dos injetores.

#### 4.2.4 Introdução da Geladeira na Linha de Exames

Após a etapa da montagem, ocorre a verificação dos padrões de qualidade em todos os injetores fabricados dentro da empresa. Essa inspeção garante que os itens montados e acabados cumprirão sua função quando utilizados pelos clientes. Os injetores que não atenderem os padrões de qualidade precisarão ser refugados (reprovados).

Com a reprovação de injetores de uma embalagem que estava completa, não é possível fornecer as quantidade demandadas pelo supermercado. Por isso, verificou-se a necessidade de dispor de injetores acabados extras para completar esses lotes que seriam enviados ao supermercado. Para tanto foi implantado, junto à linha de exames, o estoque denominado geladeira. Esse tipo de estoque é controlado e contém injetores correntes acabados. Esses são utilizados para repor os injetores refugados por falta de qualidade. Geralmente este tipo de estoque retém quatro vezes o Número de peças por cartão *Kanban* de produção. No momento em que o tamanho da retirada atinge a quantidade de injetores contidos em um cartão, é emitida uma ordem de produção para aquele tipo de item. Dessa maneira, sempre haverá um estoque controlado que possa evitar o não preenchimento de uma embalagem.

## 5 RESULTADOS

No presente capítulo são mostrados os resultados obtidos a partir deste projeto. A descrição é feita de maneira a compreender o que se obteve em comparação ao que foi planejado inicialmente.

### 5.1 A METODOLOGIA PLANEJADA E A REALIZADA

A partir dos objetivos gerais e específicos, definiram-se os padrões metodológicos a serem aplicados para a solução dos problemas encontrados nessa cadeia produtiva de injetores de combustível, utilizados em sistemas motores movidos a diesel.

A metodologia mostrou-se adequada por proporcionar uma análise ampla sobre as deficiências da cadeia produtiva, concretamente com a aplicação do mapeamento do fluxo de valor e as ferramentas necessárias para resolver os problemas apontados nesse trabalho. A proposta inicial para este trabalho foi mantida, e a seguir são apresentados dados que demonstram os benefícios provindos das melhorias obtidas nas etapas produtivas da cadeia de manufatura.

Os resultados são compreendidos pela análise dos indicadores:

- a) Aderência ao nivelamento
- b) *WIP (Work in Process)*
- c) *TCT (Total Coverage Time)*

Os indicadores possibilitaram a análise quantitativa dos recursos utilizados para obtenção do produto final. Estes também ilustram o quanto aumentou a eficiência da cadeia produtiva após a aplicação das melhorias.

## 5.2 CRONOGRAMA PLANEJADO E O REALIZADO

O cronograma apresentado na proposta inicial deste projeto, seguiu o calendário pré-estabelecido pela disciplina de trabalho de conclusão de curso 1. Para a segunda parte do trabalho foi seguido o fluxograma das tarefas agendadas.

A primeira etapa do trabalho foi concluída dentro dos prazos programados. Esta consistia na apresentação da proposta do projeto de pesquisa, a qual foi aceita pela banca de professores avaliadores e pelo professor orientador.

A segunda etapa foi concluída ainda dentro do calendário acadêmico previsto pela universidade, não houve imprevistos relevantes na execução do projeto descrito e os resultados foram satisfatórios.

## 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO TRABALHO

Como descrito no início dessa monografia, o objetivo geral foi a implantação de técnicas de produção enxuta na cadeia produtiva em questão. Os objetivos específicos foram descritos pelo item 1.3 deste trabalho. O projeto em questão visava melhorar os indicadores de produção, reduzir os custos em imobilização de materiais estocados e também aumentar a capacidade de reação da linha produtiva perante alterações de demanda dos clientes.

Os produtos do projeto previstos foram mantidos. Estes são:

a) A consolidação das melhorias aplicadas dentro da cadeia produtiva da empresa e seu controle por meio de indicadores de produção e financeiros;

b) O mapeamento do fluxo de valor do fim do projeto. Este é a visualização das alterações feitas na cadeia produtiva durante o projeto.

### 5.3.1 Consolidação das Melhorias Aplicadas

Desde o início desse trabalho buscou-se obter melhorias que reduzissem os custos produtivos e aumentassem a eficiência da cadeia produtiva de injetores de combustível. Essas melhorias proporcionaram à empresa a disponibilização de recursos que anteriormente estavam imobilizados.

A prática da manufatura enxuta consolida o ciclo de melhorias que possibilita o aumento da eficiência da produção de injetores. Em outras palavras, foi estabelecida a contínua busca pela produção livre de desperdícios.

#### 5.3.1.1 *Resultados para a Aderência ao Nivelamento*

A ferramenta para controle da aderência ao nivelamento foi apresentada no item 2.2.1 deste trabalho.

Em janeiro de 2013 foi feito o primeiro acompanhamento da aderência ao nivelamento. Neste, as metas diárias ainda não eram estabelecidas. A média mensal para a eficácia da linha de montagem ao seguir o plano produtivo foi 50,24%. O Anexo “A”, ao fim deste trabalho, mostra o extrato para o mês.

A partir de fevereiro foi possível estabelecer as metas a serem alcançadas. Não existia um método definido para a determinação dos objetivos, apenas decisões tomadas pela diretoria da empresa. Para este mês o resultado foi de 51,86% e pode ser analisado no Anexo “B”.

Para os meses de março e abril são conferidos os Anexos “C” e “D”, respectivamente. Nestes pôde-se perceber um aumento significativo nos valores percentuais de aderência ao nivelamento, que não puderam ser maiores pela ocorrência de problemas de qualidade, devido impurezas encontradas após a montagem dos injetores, gerando retrabalho. O período que compreende a esta falha produtiva está situado entre os últimos dias de março e os primeiros dias de abril. Este fato fez com que as metas para o mês de abril tivessem de ser

aumentadas. Após a solução do problema, os valores de aderência diária voltaram a aumentar e se mantiveram razoáveis com pequenas variações causadas por problemas de produção. Pode-se dizer que a aderência ao nivelamento partiu de um valor nulo, onde o controle sobre os tempos de *setups* era deficiente e chegou a valores considerados razoáveis, para uma etapa inicial de implantação da ferramenta. Atingindo valores de 53,32% para março e 62,09% para abril de 2013, um aumento de quase 12% no cumprimento do plano de produção, comparado ao mês de janeiro.

O objetivo para os próximos meses era chegar às metas estipuladas, e a partir do momento de estabilização, forçar a qualidade produtiva a atingir o ponto máximo de 100% para a aderência ao nivelamento. Isso demonstraria que o planejamento produtivo estaria sendo cumprido em sua totalidade.

#### 5.3.1.2 *Resultados para os WIP (Work In Process) e TCT (Total Coverage Time)*

Estes dois indicadores, expressam basicamente, os custos de material de processamento que se tem dentro da empresa responsável pelo produto. Os valores são controlados via sistema de informações da empresa. A troca de dados é feita entre as entradas de material produtivo e saída de produtos acabados. A complexidade dos cálculos envolve custos produtivos agregados aos componentes, proporcionando a noção exata dos recursos utilizados. A imobilização em estoques é inevitável, porém, como fruto desse trabalho, pôde ser reduzida e isso refletiu nestes indicadores.

A confidencialidade das informações permitiu ao autor deste trabalho, acesso apenas aos relatórios de início e fim do projeto, porém os valores apresentados podem dar um bom entendimento do que as melhorias representaram dentro da cadeia de manufatura de injetores de combustível. Em janeiro de 2013 foi apresentado um relatório da empresa em que os indicadores ilustravam a realidade produtiva. O TCT representava 6,45 dias de produção, sendo que entre suas etapas de manufatura havia o valor do WIP de 3,48 milhões de reais envolvidos em estoques de processos produtivos. Foi possível reduzir estes valores, após a

aplicação das melhorias e o acompanhamento dos departamentos de produção, planejamento produtivo e logístico. Em abril de 2013, foi publicado outro relatório de resultados do projeto. O TCT havia reduzido para 6,06 dias de trabalho (6,05% menor que o valor inicial) e o WIP para 3,27 milhões de Reais (6,03% menor que o valor inicial).

A maior parte da redução de custos foi referente à consolidação da transformação do estoque da expedição em supermercado e o estabelecimento da geladeira após a linha de exames. O sucesso desta etapa do projeto pela busca da manufatura livre de desperdícios faz com que a empresa beneficiada pelas melhorias, possa aplicar o conhecimento para outras linhas de produção. Essa prática diminui a ocorrência de erros em futuros projetos.

#### 5.3.1.3 *Mapeamento do Fluxo de Valor no Fim do Projeto*

A partir do estado inicial, foi possível entender onde deveriam ser aplicadas ferramentas da filosofia de manufatura enxuta para a redução de estoques e aumento do rendimento produtivo. Foi elaborado um esboço para a aplicação das melhorias. Ao fim do projeto, o mapeamento do fluxo de valor, pode demonstrar as modificações causadas pelo beneficiamento da cadeia produtiva de injetores de combustível para sistemas movidos a diesel. O mapeamento do fluxo de valor final do projeto é mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** a seguir.



No mapeamento do fluxo de valor final, a expedição recebe o controle sobre o estoque de produtos acabados, feito pelo supermercado de itens correntes de alta demanda e frequência de puxada por parte dos clientes finais. O supermercado libera o cartão *Kanban* de retirada, que vai para o quadro de retorno. Dessa forma, o planejamento produtivo pode providenciar o plano de produção e recolher os cartões, para que possa ser feita a postagem do programa de montagem do quadro de nivelamento.

A geladeira fornece injetores do tipo corrente, para completar as embalagens de itens acabados devido a qualquer eventual refugo pela etapa de exames finais. Essa ferramenta se comunica com o quadro de retorno por meio de cartões de produção, emitindo ordens para reposição dos injetores retirados.

O FIFO substituiu o estoque empurrado entre o processo de testes finais e a expedição. A estocagem passa a ser controlada e recebe a habilidade de rastreabilidade. Anteriormente os itens ficavam à espera do recolhimento esporádico para serem levados para o outro estoque da expedição. Atualmente veículos coletores recolhem os produtos do FIFO a cada hora para serem levados ao supermercado da expedição.

As etapas anteriores à linha de montagem não receberam significativas alterações. O nivelamento mais robusto e as reuniões diárias, entre o planejamento produtivo e os líderes de cada processo produtor, resultaram na melhor comunicação para a compra de material para a linha de montagem. As etapas fornecedoras de componentes para este processo passaram a receber com clareza o que é necessário produzir. Este planejamento era feito de maneira intuitiva, baseado na experiência dos líderes de times.

O planejamento da necessidade real da linha de montagem reflete as demandas dos clientes finais e faz com que as etapas precedentes a este processo possam entender o que é necessário produzir. As melhorias não se mostram somente em forma de indicadores, mas também na harmonia do meio produtivo. A produção excessiva é basicamente conferida aos níveis de segurança programados no momento do cálculo do supermercado.

## 6 CONCLUSÕES

Considerando os dados presentes neste trabalho, foram aplicados conhecimentos de vários campos abrangidos pelo curso de engenharia mecânica. A situação problema descrita no item 1.2, possibilitou melhorias na cadeia produtiva de injetores de combustível para motores movidos a diesel de uma empresa localizada na Cidade Industrial de Curitiba (CIC). Essa liberou o acesso às instalações internas das linhas produtivas, integrando o autor na realidade do chão de fábrica. Também foi disponibilizado o suporte dos responsáveis por setores dentro da fábrica. O conhecimento prático e teórico teve de ser aprimorado para a participação de reuniões e discussões com os especialistas, bem como para o entendimento dos padrões utilizados dentro da empresa. A utilização da teoria de mapeamento do fluxo de valor proporcionou o amplo entendimento das etapas de fabricação do produto. Os indicadores foram extraídos do meio produtivo, estes revelaram a real situação da etapa de manufatura dos injetores.

A diminuição de estoques e conseqüentemente o valor de material envolvido no processo produtivo, reduziu os custos finais de produção. Dessa forma a lucratividade aumenta e a empresa passa a possuir mais recursos para novos investimentos. E, finalmente, a competitividade da empresa cresceu no mercado mundial. O projeto de melhoria terá continuidade dentro da empresa, não só para os injetores de combustível, como também para outros tipos de produtos e suas respectivas cadeias de manufatura. A busca pela manufatura livre de desperdícios é feita por ciclos de melhorias. A empresa que optar por investimentos em projetos de organização da produção pode se basear no que foi descrito nesta monografia.

## REFERÊNCIAS

BPS Manuals. **Logistics Standard: Implementation Guideline of production control**. Homburg, Germany, 2011.

BPS Manuals. **Material de apoio para atividades com MFV**. Curitiba, PR, 2012.

CUNHA, Vitor Hugo de Castro. **Kanban – Gestão de Estoques**. São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.vh2c.com.br/kanban.pdf>>  
Acesso em: 21 de janeiro de 2013.

LEAN SUMMIT. Anais de Conferência sobre Lean Production. Atlanta, GA, USA: Lean Summit, 1999.

LIKER K. Jeffrey; MEIER David. **O Modelo Toyota**: Manual de Aplicação. São Paulo, SP: Bookman, 2007.

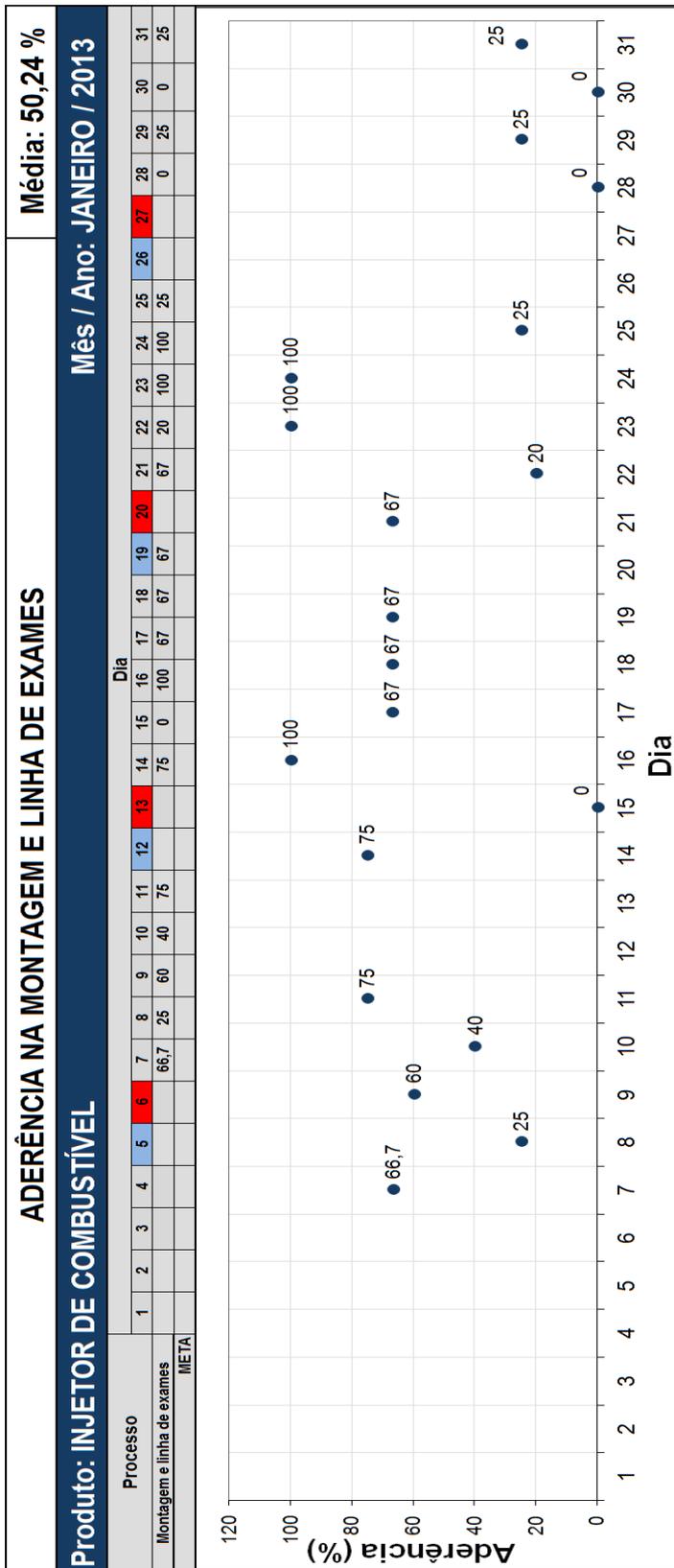
LIPPOLT, Christian R.; FURMANS, Kai. **Sizing of Heijunka-controlled production systems with unreliable production processes**. Karlsruhe, Germany: Springer US, 2008.

NICODEMO, Luiz Gustavo Grossi. **Visão Geral do Kanban**. Campinas-SP: Aliada Consultoria, 2009. Disponível em:  
<[http://www.aliadaconsultoria.com.br/artigo\\_visao\\_geral\\_kanban.html](http://www.aliadaconsultoria.com.br/artigo_visao_geral_kanban.html)>  
Acesso em: 21 de janeiro de 2013.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**: Mapeamento do fluxo de valor e eliminar desperdícios. São Paulo, SP: Lean Institute Brasil, 2003.

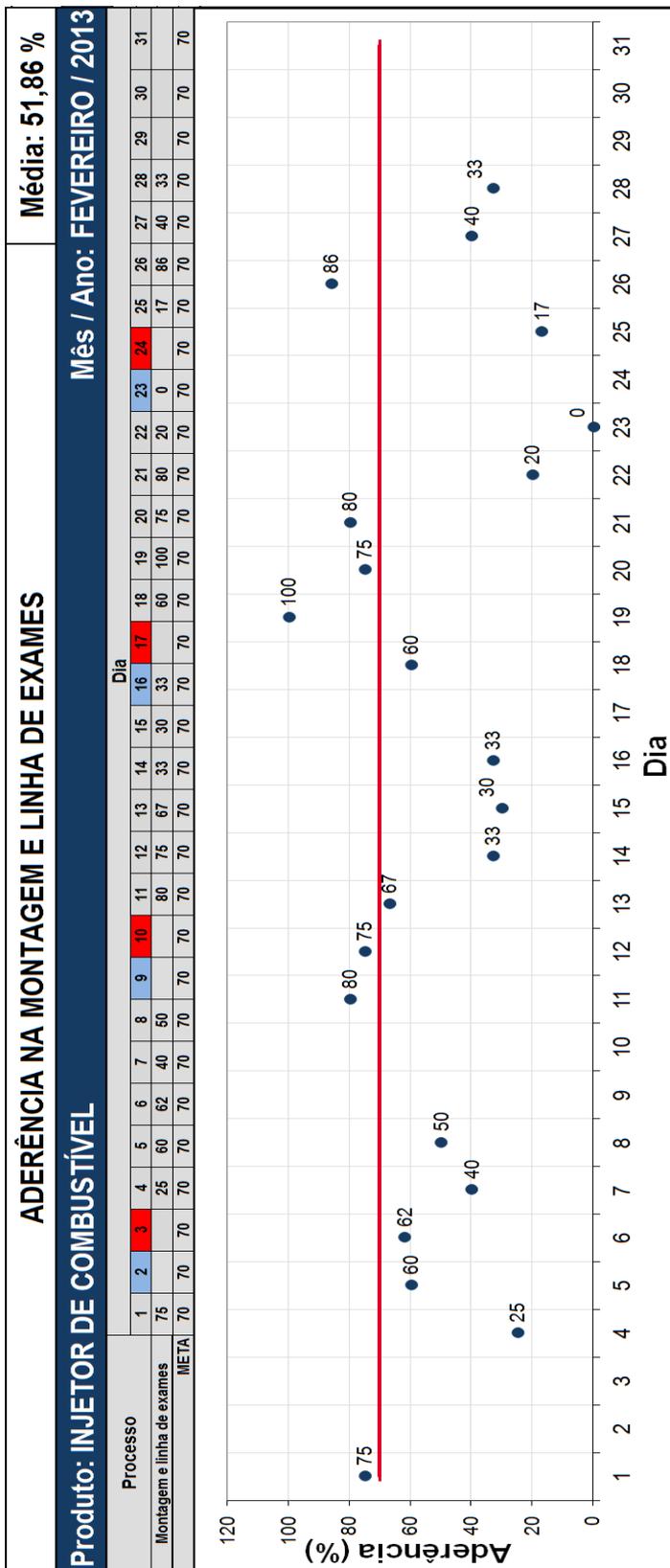
WOMACK, James; JONES, Daniel. **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. New York, NY: Free Press, 2003.

ANEXO A – ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO, JANEIRO DE 2013



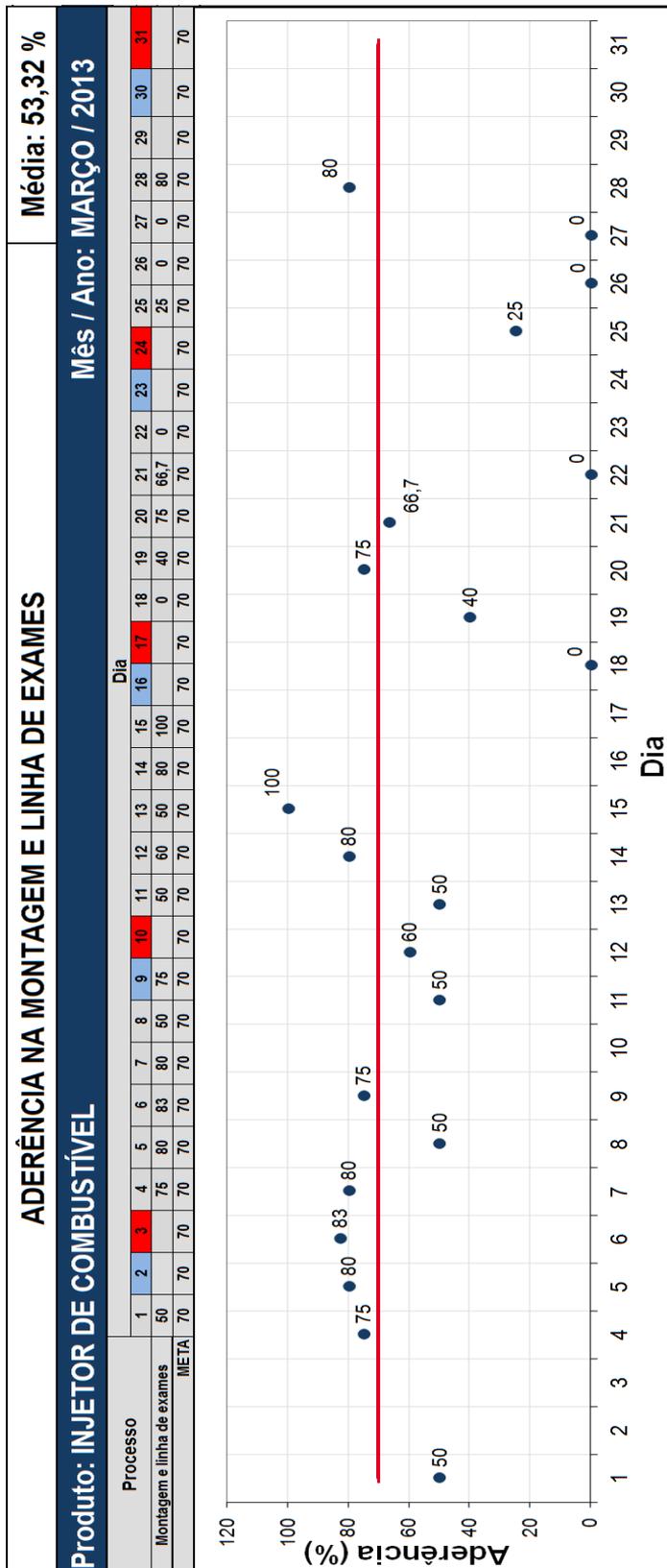
Fonte: Dados organizados a partir da realidade produtiva para o mês de janeiro de 2013.

ANEXO B – ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO, FEVEREIRO DE 2013



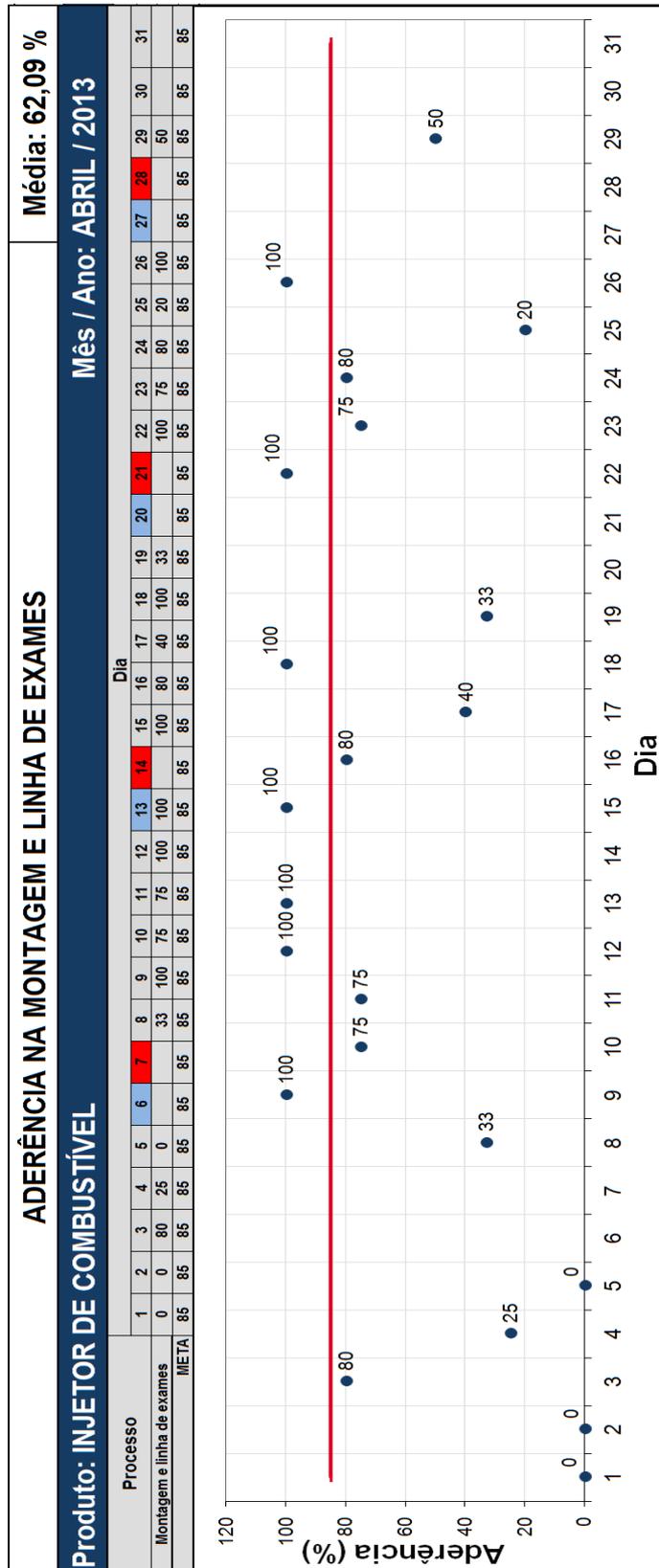
Fonte: Dados organizados a partir da realidade produtiva para o mês de fevereiro de 2013.

ANEXO C – ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO, MARÇO DE 2013

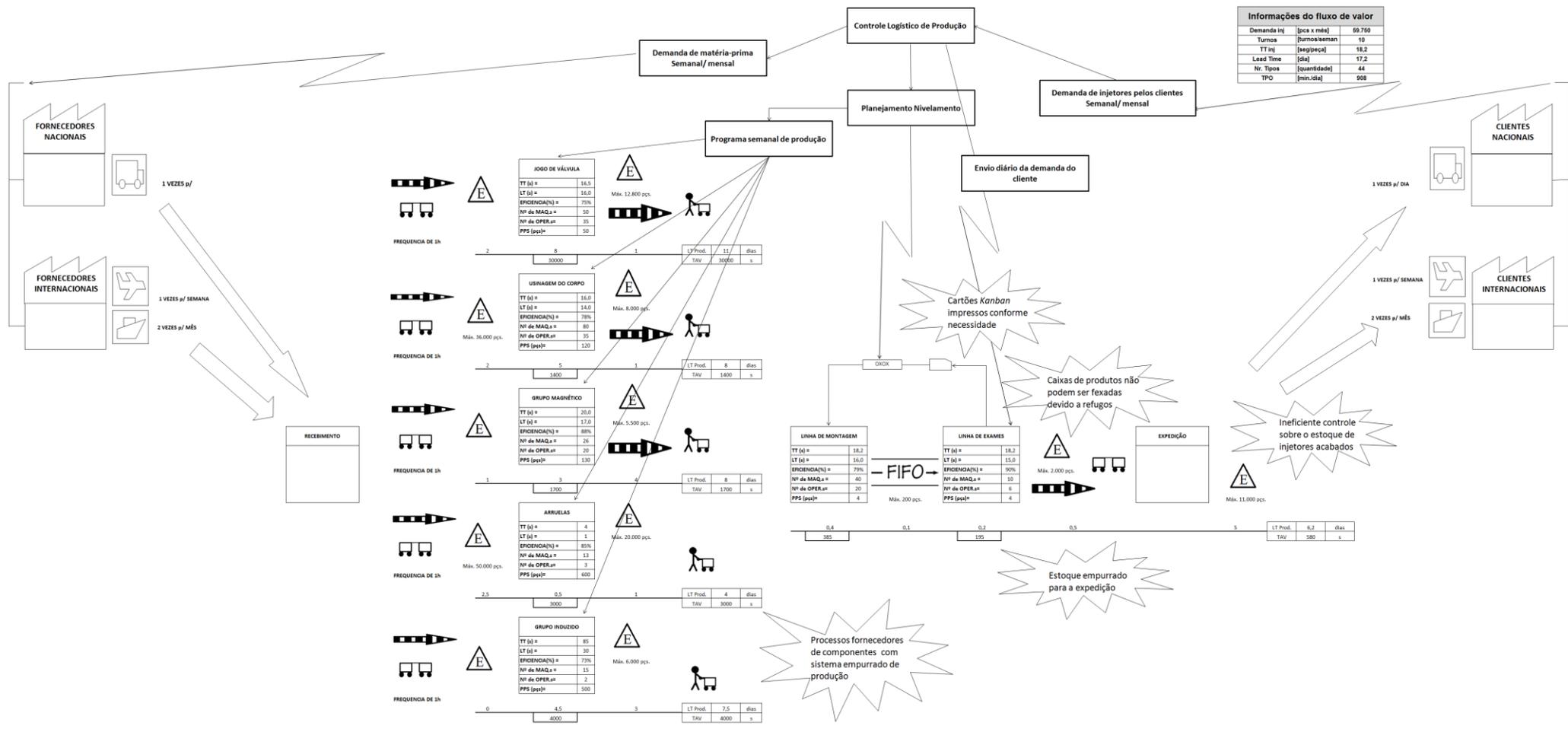


Fonte: Dados organizados a partir da realidade produtiva para o mês de março de 2013

ANEXO D – ADERÊNCIA AO NIVELAMENTO, ABRIL DE 2013



Fonte: Dados organizados a partir da realidade produtiva para o mês de abril de 2013



MFV Inicial

