

GUILHERME NOGUEIRA BUÍSSA

**UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIA *WIRELESS* NO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM
DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho Final apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Automotiva
(Mestrado Profissionalizante).

São Paulo

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

GUILHERME NOGUEIRA BUÍSSA

**UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIA *WIRELESS* NO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM
DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho Final apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Automotiva
(Mestrado Profissionalizante).

Área de Concentração:
Engenharia Automotiva

Orientador:
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

São Paulo
2005

GUILHERME NOGUEIRA BUÍSSA

Buissa, Guilherme Nogueira

Utilização de tecnologia wireless no sistema de abastecimento de uma linha de montagem de automóveis / G.N. Buissa. -- São Paulo, 2005.

140 p.

Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1.Industria automobilística 2.Linha de montagem 3.Manufatura enxuta 4.Just in time 5.MRP I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica II.t.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Dario Ikuo Miyake, pela sua importante ajuda, orientação e opinião na elaboração do presente trabalho, meus profundos agradecimentos.

Ao meu pai Aniz e ao meu irmão Maurício, pela colaboração técnica na estruturação e formatação do presente trabalho.

Aos companheiros da General Motors do Brasil Ltda., que diretamente cooperaram, ajudaram, orientaram e revisaram o presente trabalho, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos :

Arnaldo Rocha Silva Júnior, Daniel Kiyohara, Valdir Navarro Gomes, Nilton Nestal, Otto Rall Júnior e Edílson Galli.

Também, a todos da General Motors do Brasil Ltda., que não tiveram contato direto com o presente trabalho, mas que me possibilitaram o crescimento obtido através da realização deste Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva.

Finalmente, à minha esposa Laura, pela sua paciência e compreensão durante os momentos de concentração necessários para a realização deste trabalho.

RESUMO

Devido ao elevado volume de produção das plantas de montagem final de automóveis, como as da General Motors do Brasil (GMB), e à manutenção de inventários cada vez menores, os contentores utilizados no abastecimento de itens componentes podem ter seu conteúdo totalmente consumido em questão de minutos ou, no máximo, em poucas horas. Estas plantas dependem, portanto, de sistemas eficazes e ágeis que garantam o fluxo de componentes aos seus locais de consumo.

O conceito de manufatura enxuta (*lean*) apregoa a eliminação dos desperdícios em geral e, em particular, do acúmulo de materiais através da clara sinalização das necessidades dos mesmos e da simplificação dos procedimentos de controle do fluxo de materiais no chão-de-fábrica. Assim, no momento em que os itens componentes de um contentor acabam, a expectativa do operador de produção é de imediata reposição do contentor vazio por outro pleno. Isso requer que ele sinalize a necessidade de abastecimento do item componente desejado.

Neste contexto, o método *Andon Wireless* desponta como uma nova alternativa para o suprimento de linhas e células, oferecendo alta confiabilidade e flexibilidade à manufatura, sobretudo num contexto de aumento da variedade de modelos produzidos e de encurtamento de seu ciclo de vida. No âmbito da indústria automotiva brasileira, a GMB é pioneira na utilização e desenvolvimento do método *Andon Wireless*. O objetivo deste sistema é gerenciar o abastecimento de linhas e células de manufatura, com o material certo, na quantidade certa e no momento certo (JIT - *Just-in-Time*). Em realidade, existem diversos outros métodos de abastecimento que podem ser empregados com esta função. A aplicação do método *Andon Wireless* não dispensa o comprometimento dos times de trabalho, também não visa substituir outras técnicas JIT, mas sim constituir um novo meio de abastecimento de células e linhas de montagem que pode ser aplicado vantajosamente, sob certas condições peculiares.

A GMB adota o sistema de puxar a produção (*Pull System*), baseado na filosofia JIT e suportado por um sistema computadorizado denominado *Material Requirements Planning* (MRP). O MRP gerencia a obtenção de itens componentes dos fornecedores, comunicando as necessidades de entregas diárias de material. Um

outro sistema, o Gerenciamento Visual de Estoque (GVE), suporta os coordenadores de estoque no gerenciamento do estoque de segurança. Portanto, o controle do fluxo de suprimento de materiais, desde sua origem no fornecedor até a montagem final de itens componentes nos automóveis, é efetivado em duas etapas: a do controle do nível adequado de estoque na planta e a do constante controle do abastecimento de materiais JIT nos pontos de uso.

Este trabalho inicia-se com um estudo desta etapa, apresentando a introdução do método *Andon Wireless*, analisando seus impactos e avaliando os investimentos realizados em sua implementação. Em seguida, descreve e analisa o sistema de gerenciamento de suprimentos na GMB, identificando oportunidades de melhoria através da integração logística entre a área de manufatura e a de suprimentos.

ABSTRACT

Due to the high production volume of auto assembly plants, such as General Motors of Brazil (GMB), and the keeping of fewer inventory, the containers used in parts feeding can be totally emptied in few minutes or, at the most, in few hours. Therefore, these plants depend on effective and agile systems that assure the flow of components to their points of application.

In addition, the lean manufacturing concept which has been thoroughly disseminated in this industry advocates the elimination of all kinds of wastes, expressing particular concern against excess inventory and work-in-process (WIP). To cope with this, a means to clearly indicate the replenishment needs and simple shop-floor procedures are required. In fact, when parts of a container run out, the production operator expects immediate replacement of the emptied container by a full one. This requires that he or she indicates the need of the parts actually demanded.

In this context, the Andon Wireless Method arises as a new feeding system alternative for assembly lines and cells, featuring high reliability and flexibility to manufacturing, when we observe the trends of model variety increase and product life cycle shrinking. In the Brazilian automotive industry, GMB has pioneered the use and development of the Andon Wireless Method. The objective of this system is to manage the feeding of lines and cells with the right material, in the right amount and in the right time (JIT - *Just-in-Time*). As a matter of fact, there are several other feeding methods that can be applied with this function. The application of this feeding technology at the shop-floor has neither the purpose of relinquishing work teams commitment nor the capacity of replacing other JIT techniques, but provides a new means of replenishing assembly lines and cells that can be applied advantageously, under peculiar conditions.

GMB applies a Pull System based on JIT philosophy and supported by a computerized system named Material Requirements Planning (MRP). The MRP system manages the ordering of parts from suppliers, sending them the daily materials delivery requirements. Another system, the GVE, supports the inventory coordinators in controlling the safety stock level. Therefore, the control of materials supply flow from suppliers to the final assembly of parts in the vehicles is carried out

in two stages: the control of proper inventory levels in the plant and the constant control of JIT delivery of material supplies at the points of use.

This work describes and discusses this latter stage, presenting the introduction of Andon Wireless method, analyzing its impacts and assessing the investments performed in its implementation. Then it describes and analyses the supply management system at GMB, identifying improvements opportunities through the logistic integration of manufacturing and inbound logistics areas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Gerais.....	1
1.1.1 Apoio à Manufatura	4
1.1.2 Suprimento	6
1.2 Configuração da planta da GMB em São José dos Campos	6
1.3 Apresentação do Problema	12
1.3.1 A falta de espaço no estoque de painéis estampados.....	12
1.3.2 A falta de espaço na linha de montagem da Planta SJC.....	19
1.4 Objetivos do Trabalho	21
2. SISTEMA OPERACIONAL LOGÍSTICO DE APOIO À MANUFATURA.	23
2.1 O sistema <i>Just-in-Time</i> na Indústria Automotiva	23
2.1.1 Métodos de abastecimento <i>Just-in-Time</i> adotados na General Motors do Brasil	27
2.1.1.1 Método de abastecimento por Troca de Contentores (<i>Container/Dolly Exchange</i>)	30
2.1.1.2 Método de abastecimento por <i>Kanban</i> tradicional com cartões.....	32
2.1.1.3 Método de abastecimento por Supermercado	36
2.1.1.4 Método de abastecimento por Pacote.....	38
2.1.1.5 Método de abastecimento Mixado	39
2.1.1.6 Método de abastecimento por <i>Kits</i>.....	41
2.1.1.7 Método de abastecimento Seqüenciado	43
2.1.1.8 Método de abastecimento <i>Andon System</i>	46
2.1.2 Tabela comparativa de métodos de abastecimento.....	59
3. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO ANDON WIRELESS DE ABASTECIMENTO NA LINHA DE MONTAGEM DA PLANTA SJC	65

3.1 Melhorias proporcionadas pelo método de abastecimento <i>Andon Wireless</i>	69
3.2 Metodologia de análise de viabilidade econômico-financeira	72
3.2.1 Conceito de equivalência entre as alternativas.....	72
3.2.2 Métodos equivalentes para comparação de alternativas.....	73
3.2.3 Limitações da análise de viabilidade econômico-financeira	79
3.2.4 Critérios de comparação entre as séries equivalentes de alternativas de investimentos consideradas nessa análise	79
3.3 Análise da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência	80
3.3.1 Levantamento da configuração física do método <i>Andon Wireless</i>	80
3.3.2 Situação da linha de montagem da Planta SJC no final de 2004.....	82
3.3.3 Investimento total para implementação do método <i>Andon Wireless</i>	83
3.3.4 Custo de manutenção	87
3.3.5 Retornos	88
3.3.6 Fluxo de caixa da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência	89
3.4 Análise da alternativa sem investimento em tecnologia de radiofrequência	90
3.4.1 Investimento necessário para expansão predial.....	90
3.4.2 Custos diretos mensais incrementais.....	92
3.4.3 Fluxo de caixa da alternativa sem investimento em tecnologia de radiofrequência	95
3.5 Comparação das duas alternativa	95
3.6 Conclusão da análise da viabilidade econômico-financeira	96
4. SISTEMA OPERACIONAL LOGÍSTICO DE SUPRIMENTOS	99
4.1 Considerações gerais.....	99
4.2 Gerenciamento do estoque	102
4.3 Oportunidades de melhoria.....	107
4.4 Logística detalhada de abastecimento de um item componente na linha de montagem.....	109
4.5 Proposta de integração logística entre o sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos	114

4.6 Benefícios obtidos pela integração logística entre o sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos	117
4.7 Tema para trabalho futuro	119
5. CONCLUSÕES	120
6. ANEXOS	123
6.1 Anexo A	123
6.2 Anexo B	128
6.3 Anexo C	129
6.4 Anexo D	132
6.5 Anexo E	134
6.6 Anexo F	136
7. REFERÊNCIAS DE CIRCULAÇÃO RESTRITA CONSULTADAS	137
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: A integração logística	2
Figura 1.2: Representação esquemática da linha de montagem da Planta SJC.	7
Figura 1.3:Área de estoque de painéis estampados antes da expansão da área de funilaria	13
Figura 1.4: Área de estoque de painéis estampados depois da expansão da área de funilaria	14
Figura 1.5:Opções de contentores padrão para itens componentes menores nacionais.....	15
Figura 1.6: Opções de contentores padrão para itens componentes maiores nacionais.....	16
Figura 2.1: Elementos que constituem o GMS	27
Figura 2.2: Cronologia de utilização dos métodos de abastecimento na GMB	29
Figura 2.3: Método de Abastecimento por Troca de Contentor	31
Figura 2.4: Método de Abastecimento por <i>Kanban</i> com cartões.....	35
Figura 2.5: Método de Abastecimento por Supermercado.....	37
Figura 2.6: Método de Abastecimento por Pacote.....	39
Figura 2.7: Método de Abastecimento Mixado	41

Figura 2.8: Método de Abastecimento por <i>Kits</i>	43
Figura 2.9: Método de Abastecimento Sequenciado.....	46
Figura 2.10: Os pilares do <i>Andon System</i>	48
Figura 2.11: <i>Access point</i> e antena.....	51
Figura 2.12: Sistema gerenciador (<i>host</i>)	52
Figura 2.13: <i>Tracker</i> móvel	53
Figura 2.14: <i>Scanner</i> móvel.....	53
Figura 2.15: <i>Cartel</i> com o ponto de pedido	55
Figura 2.16: Listagem com códigos de barra para solicitação dos itens componentes por escaneamento	56
Figura 2.17: Fluxo de informação no <i>Andon Wireless</i>	57
Figura 2.18: Scanner: monitor com instruções para confirmar ou cancelar solicitação de itens componentes.....	57
Figura 2.19: Seqüência operacional do método de abastecimento <i>Andon Wireless</i> ..	58
Figura 3.1: Gráfico comparativo das situações pré e pós-implementação do <i>Andon Wireless</i>	70
Figura 3.2: Fluxo de Caixa Simples.....	76

Figura 3.3: Fluxo de caixa referente a investimentos e manutenção geral do método <i>Andon Wireless</i> no período considerado de 36 meses.....	89
Figura 3.4: Fluxo de caixa referente à hipotética alternativa de expansão predial devido ao não investimento em tecnologia de rádiofreqüência no período considerado de 36 meses	95
Figura 3.5: Alternativa 1 - Fluxo de caixa líquido considerando o investimento em tecnologia de rádiofreqüência.....	96
Figura 3.6: Alternativa 2 - Fluxo de caixa líquido não considerando o investimento em tecnologia de rádiofreqüência.....	96
Figura 3.7: Fluxo de caixa consolidado da alternativa de investimento feito na implementação do método <i>Andon Wireless</i> no período considerado de 36 meses	97
Figura 4.1: Sistemas de gerenciamento do fluxo de materiais.....	101
Figura 4.2: Nível de estoque ótimo	102
Figura 4.3: Relações entre variáveis consideradas pelo sistema GVE.....	103
Figura 4.4: Fluxo da análise do valor do estoque de segurança calculado pelo GVE.....	105
Figura 4.5: Fluxo de informações entre os departamentos envolvidos na logística de abastecimento	107
Figura 4.6: Seqüência operacional do disparo do cartão de mínimo visual.....	113
Figura 4.7: Fluxo de informações processadas pelo <i>software</i> proposto.....	116

Figura 4.8: Seqüência operacional do disparo do cartão de mínimo visual utilizando o <i>software</i> proposto	117
Figura 6.1: Esquema ilustrativo do cálculo da área média para estoque de itens componentes estampados no estoque de painéis	130
Figura 6.2: Esquema ilustrativo do cálculo da área média para estoque de itens componentes na linha de montagem.....	132
Figura 6.3:Corte típico da linha de montagem na Planta SJC (cotas em milímetros).....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Medidas dos contentores para itens componentes menores nacionais....	15
Tabela 1.2: Medidas dos contentores para itens componentes maiores nacionais.....	16
Tabela 1.3:Quantidade de itens componentes alocados no estoque de painéis estampados	17
Tabela 1.4: Comparação da área necessária com a área disponível para o Estoque de Painéis Estampados na Planta SJC	18
Tabela 1.5: Quantidade de itens componentes abastecidos na linha de montagem da Planta SJC	19
Tabela 1.6: Comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC	21
Tabela 2.1: Tabela comparativa entre métodos de abastecimento.....	62
Tabela 3.1: Quantidade de itens componentes abastecidos na linha de montagem da Planta SJC.....	66
Tabela 3.2: Comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC	67
Tabela 3.3: Comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC no final de 2004.....	83
Tabela 3.4: Custo unitário médio dos itens componentes da amostra	88
Tabela 3.5: Necessidade de área adicional.....	90

Tabela 3.6: Bases para o cálculo do custo de mão-de-obra de abastecimento.....	93
Tabela 3.7: Bases para o cálculo do custo total mensal dos rebocadores	94
Tabela 6.1: Planilha de cálculo da Taxa Interna de Retorno do fluxo de caixa da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência	136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BON	- <i>Bring Out Notice</i>
CON	- <i>Card Order Notice</i>
DEC	- Departamento responsável pelo Estoque de itens Componentes
DLA	- Departamento responsável pela Logística de Abastecimento e programação dos fornecedores
DOM	- Departamento responsável pela Operação e Manutenção do sistema de gerenciamento visual de estoque
EDI	- <i>Electronic Data Interchange</i>
FIFO	- <i>First In First Out</i>
GMB	- General Motors do Brasil
GMS	- <i>Global Manufacturing System</i>
GVE	- Gerenciamento Visual de Estoque
JIT	- <i>Just-in-Time</i>
LCD	- <i>Liquid Cristal Display</i>
MRP	- <i>Material Requirement Planning</i>
NE	- Notificação de Embarque

PCP - Planejamento e Controle de Produção

RF - Radiofrequência

SJC - São José dos Campos

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

WIP - *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas algumas considerações gerais acerca do assunto tratado pelo presente trabalho e sua relevância do ponto de vista da manufatura. Em seguida são definidos: o problema a ser estudado, seus objetivos centrais e os limites considerados no trabalho.

1.1 Considerações gerais

Na sociedade atual, observa-se um complexo sistema de consumo de bens e serviços, de difícil compreensão, moldado através de séculos. Igualmente complexo é o processo para se estabelecer uma visão dos anseios de consumo em suas diferentes formas e o potencial de penetração de um produto num mercado almejado por incontáveis empresas, sejam grandes corporações ou microempresas familiares.

Atualmente, uma das formas para se atender o mercado consumidor é a da produção seriada de bens. Previsões de vendas, estabelecidas por profissionais estrategistas de mercado, chegam aos grupos de engenharia e planejamento, que projetam e dimensionam plantas de manufatura para operarem de tal modo a atender, ao menor custo possível, o segmento para o qual foram destinadas.

Tais plantas devem possuir uma configuração e recursos com capacidades flexíveis para se adequarem às flutuações de demanda. Direta ou indiretamente, todas as manufaturas seriadas têm seu potencial voltado ao consumidor final. Portanto, fatores sócio-econômicos, políticos, financeiros e outros podem alterar a média de consumo de determinados bens. Isso é evidente na indústria automotiva. A demanda por um determinado modelo de automóvel sofre grandes variações no decorrer do ciclo de vida do mesmo, refletindo no seu volume de produção.

Considerando-se que um automóvel tenha em média 1.500 itens componentes diretos, vale ressaltar que as plantas produtivas dependem de sistemas que gerenciam

tanto o fluxo de itens componentes aos seus locais de consumo na linha de montagem, como a eficiente reposição de seus estoques.

Estes sistemas de gerenciamento de fluxo e estoque de itens componentes viabilizam e suportam a atividade logística. Segundo Bowersox; Closs (2001), a logística envolve a integração de informações, transporte, estoque, armazenamento, manuseio de material e embalagem. É responsável por uma das maiores parcelas do custo final do produto, sendo muitas vezes superada apenas pelos materiais consumidos na produção. A competência logística de uma empresa deve ser explorada para obter vantagem competitiva.

Ainda segundo Bowersox; Closs (2001), o conceito de logística integrada é ilustrado na área dentro do retângulo maior da Figura 1.1. A integração logística é vista como a competência que vincula a empresa, seus clientes e fornecedores. Clientes geram demanda de produtos; informações precisas sobre a demanda são interpretadas pela empresa para geração de previsões e pedidos. Informações são filtradas em planos específicos de compras e de produção. No momento do suprimento de produtos e materiais, é iniciado um fluxo de bens de valor agregado que resulta, por fim, na transferência da propriedade de produtos acabados aos clientes. Assim, o processo logístico engloba duas frentes de ações inter-relacionadas: as que constituem o fluxo de materiais e as que constituem fluxo de informações.

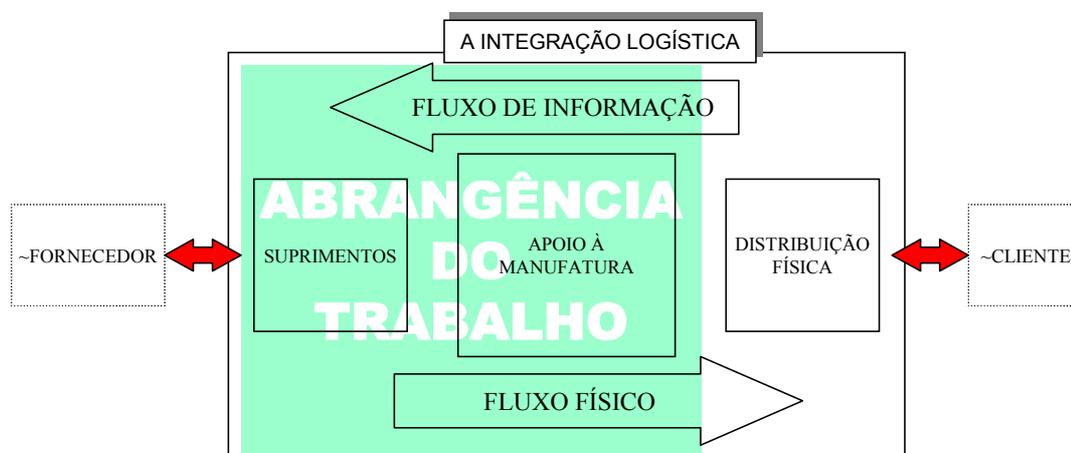


Figura 1.1 - A integração logística (Fonte: Adaptada de Bowersox; Closs, 2001, p. 44).

As áreas de Distribuição Física, Apoio à Manufatura e Suprimentos são mostradas no centro da Figura 1.1 como principais sistemas operacionais logísticos de uma empresa¹.

A área de Distribuição Física trata da movimentação dos produtos acabados para entrega aos clientes. A área de Apoio à Manufatura concentra-se no gerenciamento de estoque em processo (métodos de abastecimento) à medida que este flui entre as fases de fabricação. A área de Suprimentos abrange a compra e a organização das movimentações de recebimento de matérias-primas e itens componentes dos fornecedores.

Ainda segundo Bowersox; Closs (2001), a consideração de operações internas (indicadas na área dentro do retângulo maior da Figura 1.1) isoladamente é útil para mostrar a importância fundamental da integração de todas as funções e atividades envolvidas na logística. Embora essa integração seja pré-requisito para o sucesso, não é suficiente para garantir que a empresa alcance suas metas de desempenho. Para ser mais eficaz no atual ambiente competitivo, a empresa deve expandir sua abordagem integrada para incorporar clientes e fornecedores. Essa extensão, por meio da integração externa, é denominada gerenciamento da cadeia de suprimento.

No que diz respeito ao escopo das operações internas da integração logística, não é intenção deste trabalho focar a distribuição física de veículos prontos. O presente trabalho limita-se a contemplar mais especificamente questões relativas às áreas de Apoio à Manufatura e de Suprimentos, conforme indicado na Figura 1.1.

¹ O termo “Sistema Operacional Logístico” será utilizado neste trabalho, ao invés de “Componente Operacional Logístico” conforme referenciam os autores Bowersox; Closs (2001), uma vez que a palavra “componente” é comumente utilizada na indústria montadora de veículos para designar uma parte integrante do produto final.

1.1.1 Apoio à manufatura

Os materiais a serem consumidos na montagem de um veículo são abastecidos ao longo de linhas ou pelas bordas das células de trabalho e vão sendo retirados individualmente de seus contentores, para serem agregados a subconjuntos ou ao produto final.

Devido ao elevado volume de produção das montadoras e à manutenção de inventários cada vez menores, os contentores utilizados no abastecimento podem ter seu conteúdo totalmente consumido em questão de minutos ou, no máximo, em poucas horas.

As formas destes materiais variam desde uma presilha plástica de 5 gramas até um painel estampado de 3.000 mm de comprimento. Os itens componentes mais volumosos e pesados devem ser abastecidos por meio de equipamentos industriais de movimentação (empilhadeira, rebocador etc.), por motivos ergonômicos e de rapidez. Portanto, os contentores de tais itens componentes também são volumosos e pesados.

A definição das atividades de movimentação de materiais e um resumo das melhores práticas de movimentação de materiais podem ser conferidos no Anexo A.

Assim, no momento em que os itens componentes de um contentor acabam, a expectativa do operador de produção (montagem) é de que ocorra uma imediata reposição do contentor vazio por outro pleno. A reposição pode ser providenciada através da retirada de componentes mantidos num *buffer* ou supermercado, ou por métodos de sinalização da necessidade de reposição junto ao ponto de uso pelo operador.

Um método bastante utilizado pelas montadoras do Japão para sinalização de pedido, e que foi adotado pela General Motors do Brasil (GMB), é o sistema de solicitação por comando elétrico/eletrônico, através de botoeira e leitura do item componente, solicitado em um painel fixo luminoso denominado *Andon*, o qual será melhor

explicado no item 2.1.1.8. Alternativamente, a informação do item componente solicitado pode ser obtida de uma etiqueta emitida por um terminal de impressão. Através de tais meios, o operador de movimentação de materiais é informado da necessidade de reposição dos itens componentes, identifica tal item e inicia o processo de abastecimento.

O termo *Andon*, criado pela Toyota, é originário da língua japonesa e, segundo Monden (1983), significa painel luminoso para Sistema de Controle Visual. Originalmente era utilizado somente para sinalizar pedido de ajuda por um operador da linha de produção, atraso em trabalho ou parada da linha de montagem.

Esse sistema obriga o operador de movimentação de materiais a ficar sempre de prontidão, caso a leitura dos itens solicitados seja efetuada em um painel fixo com luzes, ou passar com determinada regularidade pela estação de leitura dos itens solicitados, caso estes sejam informados por um terminal de impressão de etiquetas.

Essa comunicação via painel luminoso ou terminal de impressão de etiquetas, apesar de ser bastante disseminada mundialmente na manufatura, e com relativo sucesso, oculta oportunidades de melhoria pouco exploradas até o momento. Exemplificando, um membro do time de abastecimento de itens componentes poderia melhorar significativamente a eficiência de seu trabalho, se tivesse meios de detectar a necessidade de reposição sem ter de dirigir-se a um ponto de leitura, tal como um local onde o painel sinalizador seja visível ou onde o terminal de impressão esteja instalado.

Neste contexto, o presente trabalho aborda o método *Andon Wireless*, que desponta como uma nova opção de método de abastecimento de linhas e células de montagem, sobretudo num cenário de aumento da variedade de modelos produzidos e de encurtamento de seus ciclos de produção.

1.1.2 Suprimento

De nada adiantaria a área de Apoio à Manufatura aperfeiçoar seus métodos de abastecimento, se os estoques de material permitissem acomodar desperdícios.

Segundo Slack (1992), a quantidade armazenada de recursos materiais na forma de estoques indica o nível de interatividade entre os sistemas logísticos de “Apoio à Manufatura” e “Suprimentos”. Se o nível é de alto grau de interatividade, os estoques são enxutos, têm locações definidas, são bem identificadas, não permitem excessos de material (*overflow*) e ainda asseguram alta confiabilidade no atendimento das necessidades de todos os itens.

Os sistemas que gerenciam as áreas de Apoio à Manufatura e Suprimentos nem sempre são parte de um único sistema integrado. No caso da GMB, os sistemas de abastecimento de linhas (*pull systems*) são independentes do sistema de informação utilizado no gerenciamento da área de Suprimentos, pois necessitam de graus de liberdade e flexibilidade inerentes a sistemas de informação locais de menor porte.

O sistema de Suprimentos solicita itens componentes aos fornecedores, assistido por um sistema de informação de grande porte, do tipo MRP, que tem diferentes funções, inclusive a de efetuar o gerenciamento teórico de níveis de estoque, baseado em previsões de demanda de curto prazo.

O gerenciamento teórico do sistema de Suprimentos de grande porte, caso utilizado isoladamente, pode causar faltas ou excessos de material. Como tais ocorrências são inaceitáveis, é utilizado complementarmente um sistema *kanban* local.

1.2 Configuração da planta da GMB em São José dos Campos

No complexo industrial de São José dos Campos (SJC) a GMB possui duas plantas para montagem de veículos. Como objeto de estudo do presente trabalho foi adotada a principal delas, a qual será doravante denominada de “Planta SJC”. Nessa planta,

conforme Figura 1.2, a disposição dos locais de trabalho obedece à seqüência da montagem do produto.

O produto se desloca ao longo da linha, passando pelas operações de agregação dos itens componentes, que se encontram em contentores dispostos paralelamente à linha, próximos aos seus respectivos pontos de uso. Como a quantidade de itens componentes montados é muito grande, o alinhamento das estações de montagem ao longo de uma única reta resulta numa linha demasiadamente longa. Portanto, o *layout* é constituído de linhas mais curtas, colocadas em paralelo e conectadas por curvas em 180°, que invertem o sentido do fluxo.

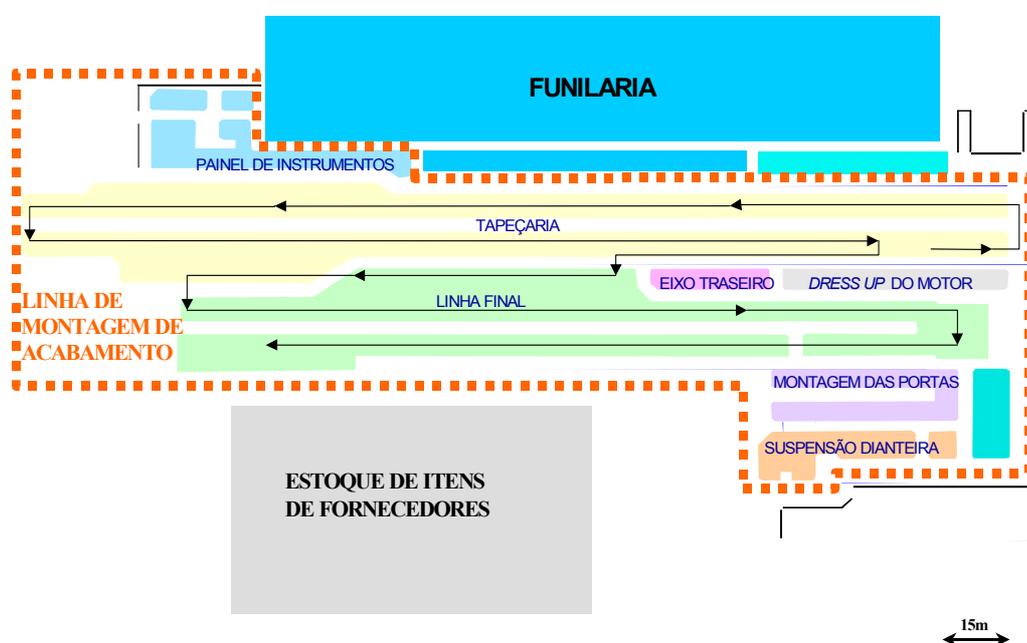


Figura 1.2 - Representação esquemática da linha de montagem da Planta SJC

No que tange à alocação da mão-de-obra nesta linha de montagem, aplica-se o princípio do *Shojinka*, que de acordo com Monden (1983) promove a habilidade de se alterar rapidamente o número de operários em cada processo, para permitir flexibilidade na adaptação da capacidade à demanda. *Shojinka* implica em multifuncionalidade, isto é, operários capazes de executar diferentes tarefas no interior de cada linha.

Como será melhor explicado mais adiante, a GMB utiliza a filosofia do *Just-in-Time* (JIT), a qual dá ênfase ao fluxo de materiais, incentivando a velocidade de passagem dos materiais pela fábrica, os quais são relativamente padronizados e produzidos em grande quantidade. Tal filosofia possibilita diminuir os custos de manuseio através da redução de estoque. Permite também um melhor controle do processo produtivo, possibilitando a fácil detecção de falhas no sistema de abastecimento e tornando assim o processo mais simples e confiável.

Contudo, numa conjuntura de mercado como a atual, caracterizada por constantes mudanças nas demandas, é importante que a companhia ofereça ao mercado uma diversidade de produtos mais ampla. A competitividade envolve, entre outros aspectos, projetar produtos que antecipem as necessidades do mercado, oferecer uma variedade suficiente para atender às expectativas dos diferentes consumidores e ser capaz de produzir a um custo que possibilite estabelecer um preço que o mercado esteja disposto a pagar. A GMB busca o atendimento destas condições aumentando a variedade de produtos oferecidos sem aumentar simultaneamente a variedade de processos, que pode acarretar maior complexidade e elevação de custos. Entende-se por processo mais flexível aquele com o qual é possível fabricar produtos mais diversificados a custos competitivos.

A GMB desenvolveu com sucesso a estratégia de lidar com múltiplas plataformas e modelos numa mesma planta e sobre a mesma linha de montagem, passando inclusive a difundir-la a outras subsidiárias do grupo GM ao redor do mundo.

Com o intuito de ampliar a variedade de produtos que a linha de montagem pode produzir sem parar, a GMB optou por implantar a chamada Linha de Montagem Multi-Modelos na planta SJC.

A quantidade de modelos produzidos numa linha de montagem é limitada pela viabilidade da empresa investir em um processo de produção “multi-modelos”. O termo “multi-modelos”, definido por Hill (1993), tem sido usado para referenciar o desenvolvimento de processos mais flexíveis, que viabilizam a ampliação da

variedade de produtos produzidos em pequenas quantidades numa mesma linha, obedecendo a uma seqüência programada.

A produção de múltiplos modelos pode ser realizada por uma linha já projetada desde o início para ser “multi-modelo”, ou a partir da adaptação de uma linha já existente para um único modelo, a fim de acomodar a produção de novos produtos, em função da variação da demanda dos produtos existentes, possibilitando a reutilização da capacidade já instalada. Uma vantagem obtida com a utilização dessa forma de processo em linha é que a mesma não necessita ser parada para acomodar o próximo produto.

As linhas de montagem “multi-modelos” são projetadas para lidar com uma certa variedade de produtos para serem montados em qualquer seqüência de programa de produção.

De acordo com Correa (1994), a linha “multi-modelos” requer o manuseio de uma maior variedade de itens componentes. É esperado que devido à proliferação dos itens componentes os estoques aumentem significativamente, a fim de garantir que o processo não pare na sucessiva montagem de múltiplos modelos.

Correa (1994) salienta ainda que o aumento das variedades de modelos e processos pode causar um impacto muito grande nos custos de mão-de-obra direta e nos custos indiretos em uma montadora. O aumento da complexidade causada pela maior variedade de modelos de veículos produzidos, itens componentes manuseados e seqüência de processos pode implicar na introdução de mais pessoas como planejadores e operadores de manuseio de materiais, além de requerer necessidades maiores de espaço nos estoques, na linha de montagem e nas células de montagem.

Os problemas da falta de espaço e do aumento da quantidade de itens componentes, tanto na linha de montagem quanto no estoque, foram constatados na planta SJC e são discutidos em maior detalhe nas seções 1.3.1 e 1.3.2 adiante.

Womack; Jones; Roos (1992) assinalam que a diversificação dos modelos, plataformas, carrocerias, configurações de sistemas de transmissão, motores e componentes opcionais que são manuseados e montados em cada planta provoca um aumento da complexidade no planejamento e na produção. Esse aumento da variação e complexidade dos modelos pode causar prejuízos à produtividade, pois prejudica a obtenção de economias de escala no manuseio de materiais, na utilização dos equipamentos de produção e no desempenho do trabalho. As possibilidades de se cometer erros na produção também podem aumentar, prejudicando a qualidade dos produtos.

No contexto da indústria automobilística brasileira, fatores políticos de âmbito regional influenciaram as montadoras nacionais a adotarem linhas de produção “multi-modelos” com ampla faixa de modelos. Segundo Womack; Jones; Roos (1992, p. 326), “... como o mercado esteve protegido desde a constituição da indústria, as empresas no Brasil procuraram diversificar sua oferta de modelos, de modo a atender as diferentes exigências do mercado interno. Gradualmente, cada montadora passou a oferecer um amplo leque de modelos, mesmo sem apresentar uma escala de produção adequada, tornando assim a complexidade do *mix* da indústria brasileira a mais alta do mundo”.

Womack; Jones; Roos (1992) comentam ainda que, embora a indústria brasileira tenha desenvolvido inúmeras práticas bem sucedidas de produção “enxuta” (expressão definida pelo pesquisador John Krafcik), como algumas que serão descritas na seção 2.1.1, com resultados melhores do que em muitas plantas de países desenvolvidos, o seu sistema de produção encontra-se ainda fundamentalmente estruturado em torno da filosofia tradicional de produção em massa. Por exemplo, persiste a necessidade de muito retrabalho pós-linha, pela dificuldade de produzir com qualidade na primeira vez.

Isso indica que a adoção de linhas “multi-modelos” pelas empresas, com a conseqüente diversificação de modelos produzidos numa mesma linha e a proliferação de itens componentes abastecidos na linha de montagem, requer um

cuidadoso planejamento. Em particular, o planejamento do arranjo físico para a disposição da grande quantidade de itens componentes utilizados na montagem merece especial atenção. Segundo Correa e Gianesi (1993), o arranjo físico por produto, no qual os contentores são dispostos na seqüência do roteiro de montagem dos produtos, é o mais eficiente, pois reduz ao mínimo a movimentação de materiais, assim como as filas e tempo gasto com preparação.

Em situações em que existem restrições de área para o aumento da capacidade de produção da linha de montagem, além da racionalização do arranjo físico, é crucial buscar o aperfeiçoamento dos sistemas de movimentação e abastecimento de materiais, visando a redução das necessidades de espaço para alocação dos mesmos.

Já as células de montagem da Funilaria seguem um arranjo físico denominado celular com o tradicional formato em “U”. Tal arranjo é utilizado devido às seguintes razões:

- a mão-de-obra é melhor utilizada porque o operador da produção fica apto a operar múltiplas máquinas (operador multifuncional);
- a utilização da mão-de-obra pode ser racionalizada durante mudanças de volume, porque os operadores são agrupados em células compactas e as mesmas podem ser ajustadas devido a aumento ou decréscimo no *Takt time* (tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo baseado na demanda do cliente).
- o espaço no piso requerido e a movimentação dos operadores são reduzidos, devido ao fato de a disposição dos contentores e materiais estar bem próxima dos operadores;
- melhor visualização do fluxo e das operações.

De acordo com Correa e Gianesi (1993), tais células proporcionam vantagens econômicas e operacionais no longo prazo, pois sua capacidade pode ser adaptada com maior flexibilidade conforme as variações de volume, *mix* e processo, decorrentes das flutuações de demanda.

1.3 Apresentação do problema

Esta seção apresenta o problema que motivou o desenvolvimento do presente trabalho, discute a sua relevância e introduz a necessidade de considerar melhores práticas para os métodos de abastecimento de itens componentes na linha de montagem.

Dada a amplitude do problema em questão, este é dividido como segue:

- 1) a falta de espaço na área de estoque de painéis, onde ficam estocados os itens componentes estampados no ano de 2002;
- 2) a falta de espaço para abastecimento de itens componentes junto à nova linha de montagem.

Vale salientar que os cálculos e considerações contidos neste trabalho são baseados em dados colhidos de meados do ano de 2001 até final de 2004.

1.3.1 A falta de espaço no estoque de painéis estampados

Esta seção é dedicada à discussão do problema da falta de espaço no estoque de painéis estampados, devido à proliferação de modelos de veículos diferentes que passaram a ser montados na nova linha da Planta SJC, que foi implementada no início de 2002. Tal mudança causou uma redução da área disponível para o estoque de painéis, por três motivos básicos:

- necessidade de ampliação da área de funilaria², haja vista que se aumentou significativamente o número de conjuntos componentes a serem montados nesta área;

² A área de funilaria fica situada na Planta SJC, próxima à linha de montagem de acabamento, conforme mostrado na figura 1.2.

- implementação de área de estoque de itens componentes de fornecedores e conjuntos componentes montados na funilaria, próxima à linha, para reduzir as distâncias de abastecimento de itens componentes nos pontos de uso, em consonância com a filosofia JIT.
- não ampliação física da fábrica, onde estas áreas estão situadas.

A ampliação da área de funilaria e conseqüente redução da área de estoque de painéis estampados podem ser observadas nas Figuras 1.3 e 1.4:

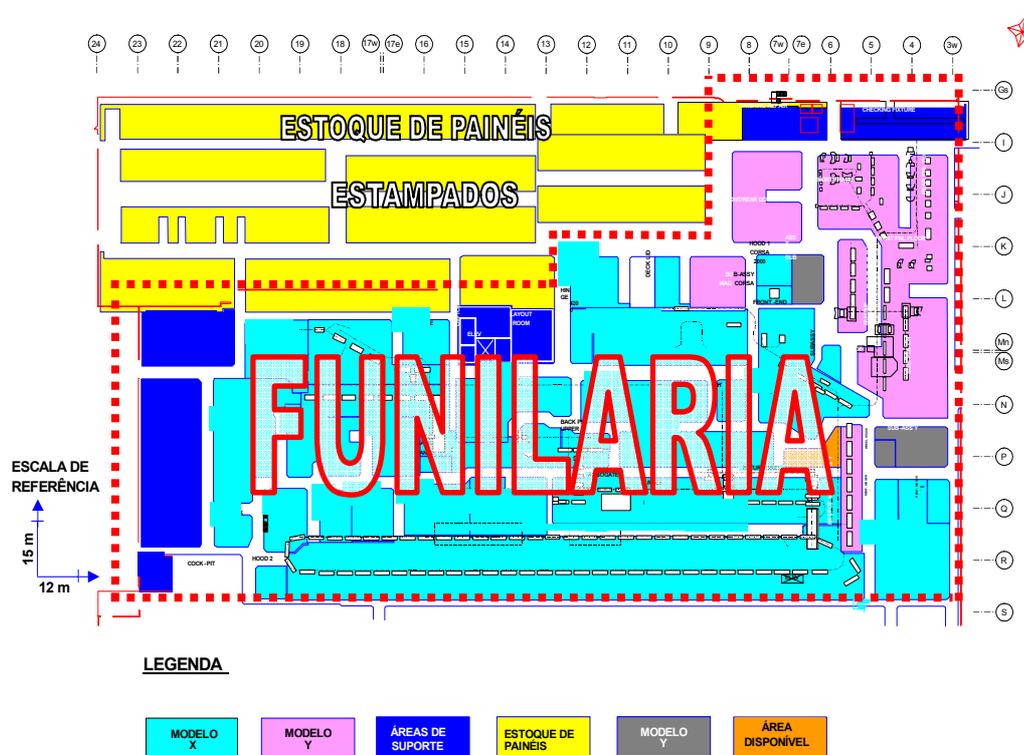


Figura 1.3 - Área de estoque de painéis estampados antes da expansão da área de funilaria.

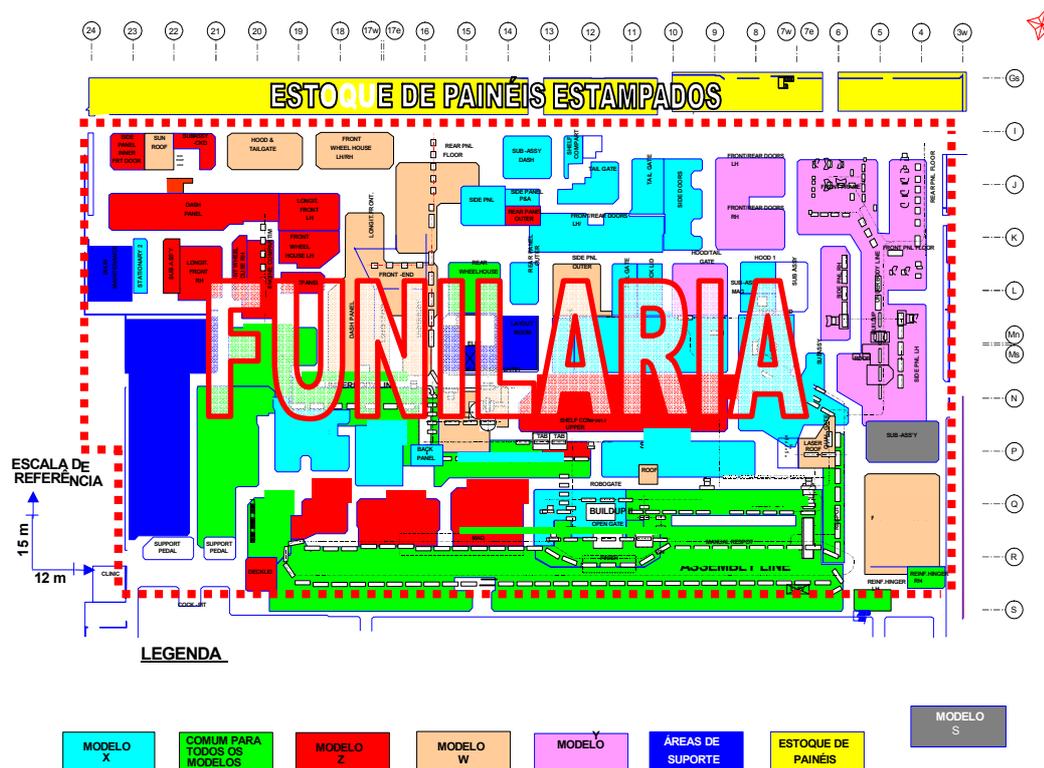


Figura 1.4 - Área de estoque de painéis estampados depois da expansão da área de funilaria.

A GMB classifica os diversos tipos de itens componentes nacionais utilizados na Planta SJC em duas categorias, quais sejam:

- Itens componentes menores;
- Itens componentes maiores.

Tais itens componentes são classificados segundo suas dimensões e um limite de especificação da massa final do contentor dos mesmos.

No caso dos itens componentes menores, os mesmos têm pequenas dimensões e a massa bruta do contentor não ultrapassa os 15 quilogramas, considerados por estudos ergonômicos, como sendo a massa limite para o transporte manual.

Existem várias especificações de contentores, que determinam as dimensões e a capacidade dos mesmos. A capacidade do menor contentor muitas vezes ultrapassa a

quantidade necessária para 2 horas de “duração” na linha de montagem, considerado como capacidade ideal pela empresa. Entende-se como “duração” na linha de montagem o tempo durante o qual a quantidade de itens componentes que estiverem acomodados no contentor for suficiente para suprir as necessidades do processo. Também existem contentores cuja massa bruta não ultrapassa 15 quilogramas, mas que não permitem o abastecimento manual, por conterem itens componentes de grandes dimensões, como é o caso do forro do teto.

As opções de contentores padrão adotadas pela GMB estão apresentadas na Figura 1.5.

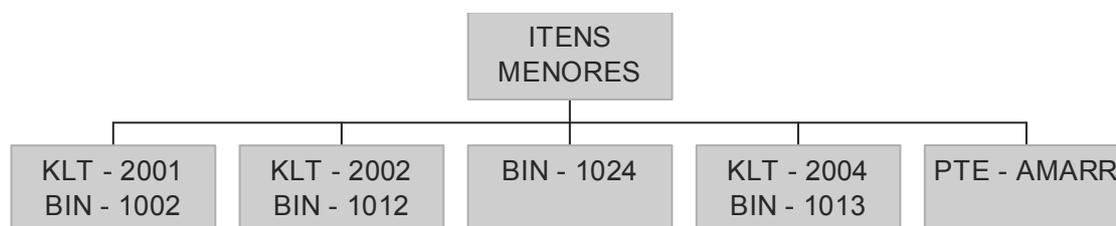


Figura 1.5 - Opções de contentores padrão para itens componentes menores nacionais.

As dimensões destes contentores são descritas na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Medidas dos contentores para itens componentes menores nacionais

Tipos de contentores padrão para itens componentes menores	Dimensões [mm] Comprimento x Largura x Altura
KLT-2001 / BIN-1002	300 x 200 x 140
KLT-2002 / BIN-1012	400 x 300 x 140
BIN-1024	400 x 600 x 140
KLT-2004 / BIN-1013	600 x 400 x 280
PTE-AMARR	Pacote de itens componentes amarrados, e.g. tubos.

A opção do pacote de itens componentes amarrados é utilizada quando os mesmos não cabem em nenhum dos tipos de contentores, mas a sua massa e dimensões permitem o abastecimento manual. Neste caso, o item componente é abastecido amarrado em feixes.

Os itens componentes maiores correspondem às peças e conjuntos considerados médios ou grandes e são transportados por meio de rebocadores ou empilhadeiras em contentores cuja massa bruta excede os 15 kg. Tais contentores incluem desde cestos metálicos e plásticos grandes padronizados pela GMB, até contentores metálicos e caixas de papelão com grandes dimensões fora do padrão da empresa.

As nove opções de cestos metálicos e plásticos padronizados para os itens componentes maiores estão relacionadas na Figura 1.6:



Figura 1.6 - Opções de contentores padrão para itens componentes maiores nacionais

As dimensões dos contentores já citados estão apresentadas na Tabela 1.2:

Tabela 1.2 - Medidas dos contentores para itens componentes maiores nacionais

Tipos de contentores padrão para itens componentes maiores	Dimensões [mm] Comprimento x Largura x Altura
1. CESTO METÁLICO 1/2 H10	1000 x 600 x 468
2. CESTO METÁLICO 1/2 H20	1000 x 600 x 668
3. CESTO METÁLICO H10	1016 x 889 x 411
4. CESTO METÁLICO H20	1016 x 889 x 665
5. CESTO METÁLICO C4253	1060 x 1346 x 858
6. CESTO METÁLICO C4287	1060 x 2210 x 869
7. CESTO PLÁSTICO 711	810 x 760 x 635
8. CESTO PLÁSTICO 721	1200 x 1000 x 600
9. CESTO PLÁSTICO 723	1200 x 1000 x 800

A Tabela 1.3 fornece os modelos de veículos produzidos na Planta SJC e os respectivos volumes de produção e quantidades de itens componentes alocados no estoque de painéis estampados, no período de meados de 2001 a meados de 2002.

Tabela 1.3 - Quantidade de itens componentes alocados no estoque de painéis estampados (fonte: Planta SJC).

Período	Meados de 2001	Início de 2002	Meados de 2002
Modelos montados	1. "X" (3 portas, 5 portas, sedan, pick up). 2. "Y"	1. "Z" (5 portas, sedan). 2. "Y"	1. "Z" (5 portas, sedan). 2. "Y" 3. "W"
Volume de produção (unidades/hora)	30	45	45
Itens componentes menores	246 itens	396 itens	492 itens
Itens componentes maiores	853 itens	945 itens	1175 itens
Total	1099 itens	1341 itens	1667 itens

Observou-se, portanto, um aumento substancial na variedade total de itens componentes manuseados na montagem dos veículos produzidos, o que veio a demandar mais área para a disposição de seus estoques. A seguir, é descrito como essa necessidade de área adicional pôde ser atendida.

Para isso, levou-se em consideração que no estoque de painéis estampados existem:

- corredores operacionais de 4,0 metros de largura, já inclusos no cálculo de área;
- nível máximo de estoque dos painéis estampados, de 03 turnos de trabalho.

Com base nos cálculos das áreas médias por itens detalhados no Anexo C, os requerimentos de área total necessária para os estoques de itens componentes foram calculados e são apresentados na Tabela 1.4.

Contudo, como ilustram as Figuras 1.3 e 1.4, o processo de expansão da área de funilaria na Planta SJC implicou na drástica redução da área disponível para o Estoque de Painéis Estampados de 8.900 m² para 3.000 m².

Tabela 1.4 – Comparação entre a área necessária com a área disponível para o Estoque de Painéis Estampados na planta SJC (elaborada pelo autor).

Período	Quantidade de itens componentes	Classificação dos itens componentes	Área Média por Item ³ (m ²)	Área Média Total (m ²)		Área Total Disponível na Planta (m ²)
Meados de 2001	246	Menores	2,1	517	8.877	8.900
	853	Maiores	9,8	8.360		
Início de 2002	396	Menores	2,1	832	10.093	3.000
	945	Maiores	9,8	9.261		
Meados de 2002	492	Menores	2,1	1.033	12.548	3.000
	1.175	Maiores	9,8	11.515		

Houve, portanto, necessidade de obtenção de áreas adicionais para estocagem na Planta SJC, conforme indicado a seguir:

- 7.093 m² em início de 2002;
- 9.548 m² em meados desse mesmo ano.

Entretanto, no início de 2002 a montagem de caminhões no complexo industrial que comporta a Planta SJC foi desativada e assim conseguiram-se disponibilizar mais 7.200 m² da área então liberada para o estoque de painéis estampados, fora da Planta SJC, totalizando uma área de 10.200 m² para esse fim.

Graças a essa ação, a falta de área para estocagem de painéis estampados dos modelos montados na Planta SJC pôde ser solucionada.

³ Os cálculos das áreas médias por item estão demonstrados no Anexo C.

1.3.2 A falta de espaço na linha de montagem da Planta SJC

O aumento da variedade de itens componentes aumenta também a complexidade dos processos de abastecimento das linhas de montagem “multimodelos” e tende a demandar mais área junto aos pontos de uso para a disposição de contentores.

A Tabela 1.5 mostra a quantidade de itens componentes envolvidos na linha de montagem nos três períodos em estudo.

Tabela 1.5 - Quantidade de itens componentes abastecidos na linha de montagem da Planta SJC (Fonte: Planta SJC)

Período	Meados de 2001	Início de 2002	Meados de 2002
Itens componentes menores	1.813	1.416	1.905
Itens componentes maiores	1.491	1.098	1.541
Total	3.304	2.514	3.446

No caso da implantação da nova linha de montagem da Planta SJC (Figura 1.2), além de esta ter provocado um aumento de variedade de itens componentes a serem abastecidos nos pontos de uso, houve uma restrição adicional de ter de tornar a nova linha mais compacta, reduzindo-se a sua área total de aproximadamente 1.000 m² em relação à da linha antiga, sendo 600 m² relativos à área para alocação de itens componentes⁴.

A proliferação da variedade de itens componentes a serem abastecidos e a concomitante redução de área na nova linha de montagem só poderiam ser conciliadas pela racionalização dos métodos de abastecimento. A manutenção dos métodos de abastecimento convencionais que vinham sendo aplicados implicaria na

⁴Essas áreas incluem os corredores de circulação e abastecimento, de acordo com os métodos de cálculo propostos por Moura (1983). Vide exemplo no Anexo C.

necessidade de obtenção de áreas de abastecimento adicionais junto à linha de montagem.

Para avaliar o impacto que a não racionalização dos métodos de abastecimento provocaria, é apresentada a seguir uma estimativa da expansão da área de abastecimento que teria sido necessária em meados de 2002.

Nesta estimativa serão levados em consideração os seguintes parâmetros na linha de montagem da Planta SJC:

- corredores de 3,5 metros de largura já inclusos no cálculo das áreas;
- nível médio de inventário requerido nos pontos de uso de 2 horas ou a capacidade do contentor;
- prateleiras de abastecimento para alocação média de 7 diferentes itens componentes em caixas plásticas;
- área média de 2,48 m² por prateleira e portanto 0,35 m² para cada item componente menor;
- área média de 4,2 m² para cada contentor de itens componentes maiores;
- duas locações no ponto de uso para contentores metálicos padrão e especiais.

Com isso, a existência de um contentor vazio comunica ao operador responsável pelo abastecimento da linha, a necessidade de reposição do correspondente item componente nos pontos de uso.

O cálculo da área (locações na linha de montagem) necessária para alocar todos os itens componentes envolvidos na montagem dos modelos de veículos que passaram a ser montados em meados de 2002, em relação à área disponível na planta, é demonstrado na Tabela 1.6.

Tabela 1.6 - Comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC (elaborada pelo autor)

Período	Quantidade de itens componentes	Classificação dos itens componentes	Área Média para base de cálculo ⁵ (m ²)	Área necessária total (m ²)		Área Total para abastecimento disponível na linha ⁶ (m ²)
Meados de 2001	1.813	Menores	0,35	635	13.160	8.000
	1.491	Maiores	4,2 x 2	12.525		
Início de 2002	1.416	Menores	0,35	496	9.720	7.400
	1.098	Maiores	4,2 x 2	9.224		
Meados de 2002	1.905	Menores	0,35	667	13.612	7.400
	1.541	Maiores	4,2 x 2	12.945		

Portanto, em meados de 2002 haveria uma falta de 6.212 m² para a alocação dos contentores de itens componentes na Planta SJC, caso os métodos de abastecimento da linha não fossem revistos e racionalizados.

1.4 Objetivos do trabalho

O objetivo do presente trabalho é elaborar uma análise dos sistemas operacionais logísticos de Apoio à Manufatura e de Suprimentos na GMB, tendo em vista as mudanças trazidas pela recente introdução do método *Andon Wireless* e a necessidade de se buscar melhorias na integração logística. Este objetivo foi subdividido em objetivos mais específicos, relacionados aos dois tópicos seguintes:

a) Apoio à manufatura

- descrição dos métodos tradicionais de abastecimento de itens componentes utilizados na empresa;

⁵ Os cálculos das áreas médias por item estão demonstrados no Anexo C.

- análise dos impactos da introdução do método de abastecimento *Andon Wireless* e avaliação dos investimentos realizados em sua implantação.

b) Suprimentos

- descrição e análise do sistema de gerenciamento de suprimentos na GMB;
- identificação de oportunidades de melhoria na integração logística entre o sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos.

2. SISTEMA OPERACIONAL LOGÍSTICO DE APOIO À MANUFATURA

O sistema operacional logístico de Apoio à Manufatura é aquele que atua exclusivamente dentro da planta, com o objetivo específico de efetuar o abastecimento de itens componentes aos processos de produção.

Na GMB, este sistema operacional é representado pelo departamento de Controle de Produção e Manuseio de Materiais, o qual se responsabiliza pela organização e gerenciamento de estoques e pelo abastecimento de itens componentes às linhas e células de montagem.

O sistema de abastecimento utilizado na GMB para a operacionalização logística do Apoio à Manufatura é o *Just-in-Time* (JIT).

Ao longo deste capítulo, a utilização do Sistema JIT na GMB será descrita em todas as suas modalidades, incluindo-se a discussão da evolução dos métodos aplicados no âmbito deste sistema. O desenvolvimento contínuo do Sistema JIT resultou na introdução pioneira da aplicação da tecnologia *wireless* no suporte às operações de abastecimento dos pontos de uso junto à linha de montagem. Esta inovação foi bem planejada e executada sob o ponto de vista técnico e atualmente já se encontra num estágio avançado de operacionalização. Contudo, faltou à empresa desenvolver um estudo mais amplo das vantagens, não apenas operacionais, mas também econômicas dos investimentos realizados nessa mudança tecnológica. Buscar-se-á, portanto, apresentar uma análise crítica comparativa - nos âmbitos técnico, operacional e financeiro - da utilização de sistemas meramente visuais e da tecnologia *wireless* para o abastecimento de itens componentes na linha de montagem da Planta SJC.

2.1 O sistema *Just-in-Time* na Indústria Automotiva

A GMB, como subsidiária da maior indústria automobilística do mundo, tem se empenhado na adoção de novas técnicas, bem como no aperfeiçoamento dos processos já existentes, a fim de manter esta importante posição no mercado.

Transformar-se no melhor fabricante de automóveis do mundo é a sua meta e isso não constitui uma responsabilidade isolada da gerência da fábrica. Todos os níveis, em todos os ramos da organização, devem perseguir agressiva e simultaneamente os objetivos comuns de aumento de produtividade do pessoal, retorno dos investimentos e redução dos custos operacionais.

Na GMB, no contexto deste esforço corporativo, o Departamento de Engenharia da Manufatura tem a missão de contribuir para a maximização da produtividade da empresa, através da implementação de conceitos de manufatura enxuta.

Segundo Harmon; Peterson (1989), o conceito de manter instalações centrais de armazenagem que abrigam milhares de tipos de itens componentes, com locais de armazenagem designados aleatoriamente, requer a busca da melhor utilização do espaço cúbico, o que implica na necessidade de se ter um sistema de controle centralizado de localização. Alternativamente, as instalações de armazenagem podem ser descentralizadas e, neste caso, os gerentes de pequenos depósitos focalizados administram a utilização do espaço a olho.

Melhoramentos no sistema de armazenagem podem contribuir para reduzir o número de registros e transações exigidos, e também simplificam outros sistemas de informação, como por exemplo, o de planejamento das necessidades de materiais, além de favorecer a exatidão da posição de estoques disponíveis. A sub-avaliação da quantidade de estoque disponível pode causar falta de produtos na linha de montagem.

Segundo Correa e Giansi (1993), a necessidade de reduzir os custos com armazenagem de materiais e itens componentes e, paralelamente, de tornar a produção mais ágil e flexível, tem levado as indústrias automobilísticas a buscarem o sistema de fornecimento *Just-in-Time* (JIT).

O JIT surgiu no Japão, em meados da década de 70, sendo a sua idéia básica e o seu desenvolvimento creditados à *Toyota Motor Company*, a qual buscava um sistema de

administração que possibilitasse coordenar, precisamente, a produção, em função da demanda específica de diferentes modelos de veículos, com o mínimo atraso e inventário. Tal sistema espalhou-se rapidamente por todo o mundo, chegando até o Brasil. Hoje em dia, pode-se dizer que todas as montadoras instaladas no nosso país utilizam algum tipo de sistema JIT na sua produção.

Monden (1998) define *Just-in-Time* como a abordagem de somente “produzir as unidades necessárias, em quantidades necessárias, no tempo necessário”.

Segundo Correa (1994) o sistema de “puxar” a produção a partir da demanda, produzindo em cada estágio somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema *Kanban*, que é o nome dado aos cartões utilizados para autorizar a produção e a movimentação de itens, ao longo do processo produtivo, como será detalhado mais adiante.

Na GMB, assim como em todas as montadoras, o JIT é muito mais do que um conjunto de técnicas de administração, constituindo uma abrangente filosofia gerencial, que inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

Os fluxos nos processos produtivos estão sujeitos a discontinuidades, que são causadas por três tipos básicos de problemas: falta de qualidade, quebra de máquina e demora na preparação de máquina. Para atenuar ou amortecer os impactos de tais problemas, as empresas recorrem à manutenção de estoques em geral (matérias-primas, componentes intermediários, produto acabado). A redução de estoques intermediários pode tornar tais problemas mais visíveis na fábrica.

Segundo Correa e Gianesi (1993), os objetivos fundamentais do sistema JIT são: a melhoria contínua, a qualidade e a flexibilidade. Tais objetivos, quando estabelecidos à gestão do processo produtivo, têm um efeito secundário sobre a eficiência, a

velocidade e a confiabilidade do processo. Na abordagem apregoada pelo sistema JIT, a busca destes objetivos dá-se, principalmente, através do mecanismo de redução dos estoques, os quais tendem a “camuflar” a existência de problemas no processo produtivo. Dessa maneira, o JIT contribui para a identificação dos problemas e facilita a eliminação dos mesmos.

Correa e Gianesi (1993) mostram ainda que o JIT proporciona vantagens importantes em relação aos principais critérios competitivos das organizações, como por exemplo reduzindo custos, pela eliminação de estoques. Em relação à qualidade, o “...sistema evita que os defeitos fluam ao longo do fluxo de produção”. O JIT aumenta, ainda, a flexibilidade de resposta e a velocidade do fluxo de produção. Finalmente, “... a confiabilidade das entregas também é aumentada através da ênfase na manutenção preventiva e da maior flexibilidade dos trabalhadores”.

Na visão de Monden (1998), o Sistema Toyota de Produção, que serviu de modelo para todas as grandes montadoras do mundo atual, é suportado por dois pilares principais: o JIT e a Autonomia (sistema autônomo de controle de defeitos). A autonomia visa garantir a qualidade das unidades em produção, que fluem pelo processo de montagem, através da incorporação de mecanismos ou dispositivos – tanto nas máquinas de fabricação de componentes, como nas estações ao longo da linha de montagem – que previnem defeitos ou impedem que itens não-conformes sejam transferidos de um processo a outro.

Por outro lado, o sistema JIT também está sujeito a certas limitações, dentre as quais se destacam a necessidade de que a demanda seja razoavelmente estável, para que se consiga balancear os recursos e a necessidade de reduzir a complexidade dos roteiros de produção, caso haja grande variedade de produtos.

A redução do inventário, buscada pelo sistema JIT, aumenta também o risco de interrupção da produção, em função de problemas com a mão-de-obra ou com a entrega dos contentores, tanto da GMB quanto de algum fornecedor.

2.1.1 Métodos de abastecimento *Just-in-Time* adotados na General Motors do Brasil

A GMB está atualmente engajada no esforço corporativo da GM de implantar o GMS (Sistema Global de Manufatura da General Motors) em todas as plantas da corporação. O GMS é o novo modelo de sistema de manufatura, que foi desenvolvido como referência de excelência operacional para as plantas da GM em qualquer parte do mundo.

Todas as plantas abertas mais recentemente pela GM já foram planejadas e implantadas conforme o GMS e as mais antigas estão procurando se enquadrar em relação à estrutura e aos elementos deste sistema, procurando aproximar-se ao máximo dos *benchmark's* (referência). O engajamento das plantas da GM neste esforço tem sustentado a conquista de importantes melhorias, que têm sido fundamentais para manter sua competitividade no mercado automotivo global.

Para a efetiva implementação do GMS nas operações da GMB, conforme mostra a Figura 2.1, especial atenção deve ser dedicada à racionalização dos métodos de abastecimento de matérias-primas e de itens componentes.



Figura 2.1 - Elementos que constituem o GMS (Fonte: Material corporativo da GMB).

Os métodos de abastecimento são meios planejados de reposição de material em seu ponto de uso, sendo sempre acionados com base na necessidade do processo cliente. Para operacionalizar o abastecimento, são utilizados o sistema de “puxar” (*pull*) a reposição e o sistema de entregas programadas.

Tais métodos de abastecimento estão baseados no conceito do sistema JIT de garantir a entrega dos itens componentes à linha de montagem ou às células produtivas em pequenos lotes, no momento necessário, nos locais especificados e na apresentação mais adequada ao operador.

O sistema de puxar, como já mencionado anteriormente, é aquele em que o próprio processo do cliente sinaliza a necessidade de reabastecimento de um determinado item componente ao seu fornecedor.

Já o sistema de entregas programadas consiste nas entregas baseadas no consumo programado dos itens componentes, para os quais são determinados horários específicos para seu reabastecimento nos pontos de uso.

Para a adoção de um método de abastecimento apropriado é necessário levar em consideração alguns aspectos-chave, tais como:

- Espaço disponível no ponto de uso (nível de estoque no ponto de uso);
- Característica do item componente (dimensões, peso, fragilidade etc);
- Tipo de contentor e capacidade padrão do contentor;
- Distância entre estoque e ponto de uso;
- Item componente suscetível a desvios/furtos (*cd player*, por exemplo);
- Consumo horário do item;
- Custo do item;
- Situação do ponto de uso;
- Ergonomia;
- Fator de recuo (tempo entre o instante do recebimento da informação até o instante do abastecimento no ponto de uso).

Nas plantas da GMB são aplicadas diferentes alternativas de métodos de abastecimento JIT, as quais são enumeradas a seguir:

- Troca de Contentores (*Container/Dolly Exchange*);
- *Kanban* tradicional com cartões;
- Supermercado;
- Pacote;
- Mixado;
- *Kits*;
- Seqüenciado;
- Sistema eletrônico de puxar (*Andon System*).

Destes métodos, o Mixado, o em *Kits* e o Seqüenciado caracterizam-se como sistemas de entregas programadas. Os demais são sistemas de puxar.

A Figura 2.2 apresenta um breve histórico da trajetória de desenvolvimento e aplicação de tais métodos de abastecimento nas plantas da GMB, desde o início da utilização do trivial método da troca de contentores até a introdução do *Andon System*.

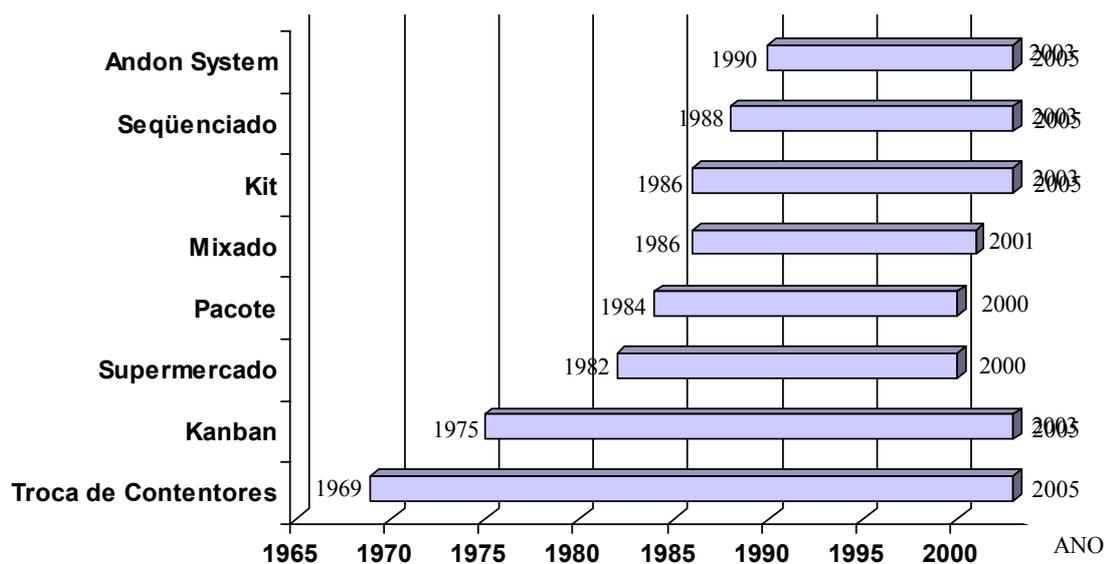


Figura 2.2 - Cronologia de utilização dos métodos de abastecimento na GMB (Fonte: Planta SJC)

Cada um destes 8 métodos é caracterizado e discutido em maior detalhe nas próximas seções deste capítulo.

2.1.1.1 Método de abastecimento por Troca de Contentores (*Container/Dolly Exchange*)

Esta é uma alternativa de método de abastecimento de material usada quando há espaço suficiente para acomodar dois contentores (*containers*) ou carrinhos (*dollies*) junto ao ponto de uso. Com isso, o próprio contentor ou carrinho recém-consumido (vazio) serve como um sinal para comunicar a necessidade de reabastecer o item componente que se esgotou.

Este método é melhor aplicável quando:

- há espaço disponível para acomodar um contentor “cheio” e outro “em uso” ou “vazio” na operação ou próximo a ela;
- a correta localização do contentor é identificada através de controle puramente visual;
- os itens componentes são acondicionados em contentores de grandes dimensões (cestos metálicos H10, H20, C4253 etc) cativos e devidamente identificados.

Através do abastecimento por Troca de Contentores, conseguem-se algumas vantagens no que diz respeito:

- ao controle visual⁷ (contentor vazio);

⁷ Conforme o Manual do *Global Manufacturing System* da GMB (2002), é o processo no qual, padrões e condições vigentes tornam-se rapidamente visíveis no local de trabalho, com o propósito de permitir que qualquer funcionário imediatamente veja a situação atual (normal/anormal), compreenda a situação e tome ações para retornar à condição normal (padrão).

- ao abastecimento através de comboios com rota/ciclo padronizado que possibilita racionalizar o trabalho da mão-de-obra para abastecimento; e
- à troca de contentores feita pela produção sem impactar na mão-de-obra.

Já como desvantagens, podem ser relacionadas:

- a necessidade de maior área de abastecimento (local para dois contentores de cada item junto ao ponto de uso);
- a impossibilidade de se empilhar contentores de itens componentes diferentes, visando a racionalização de espaço no ponto de uso (empilhamento somente para contentores de mesma capacidade de consumo);
- a necessidade de maior quantidade de contentores sobre rodas (implica em mais manutenção, ruído, comboios em circulação).

A Figura 2.3 ilustra toda a dinâmica logística do método acima descrito.

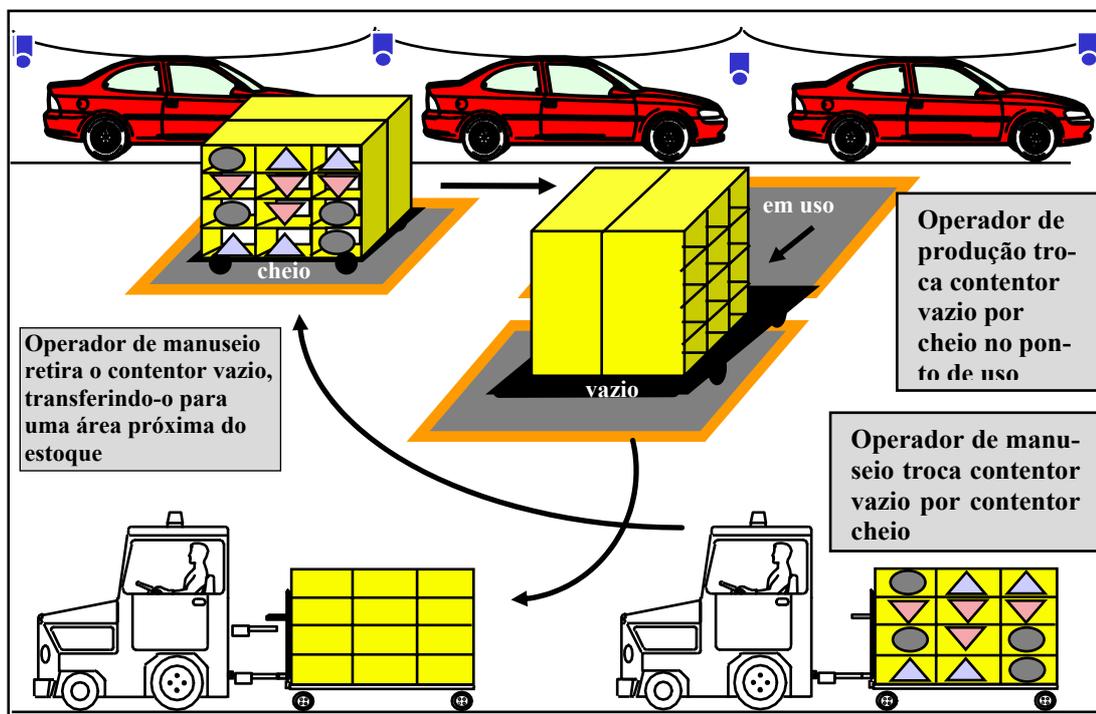


Figura 2.3 - Método de Abastecimento por Troca de Contentor

Tal método permite que o segundo contentor (de espera) seja posicionado de duas formas diferentes:

1. Do outro lado do corredor (*Lay Down Area*), aonde o operador da produção vai buscar o contentor cheio para trocá-lo pelo contentor vazio. É mais aplicável quando o volume de produção é baixo e a realização da troca não afeta a carga de trabalho do operador da linha.
2. Dois contentores no próprio ponto de uso, donde o abastecedor do Manuseio retira o contentor vazio, para depois retornar com um contentor cheio.

A melhor alternativa de posicionamento do segundo contentor é adotada em função de parâmetros de produção e *layout*.

2.1.1.2 Método de abastecimento por *Kanban* tradicional com cartões

Segundo Harmon; Peterson (1989), o sistema *kanban* de cartões foi um dos primeiros dentre os singulares aspectos do sistema de manufatura de empresas japonesas a serem amplamente divulgados no mundo ocidental.

A reação inicial do Ocidente a esta técnica tão utilizada por empresas de manufatura japonesas, foi tachá-la de uma brincadeira em vez de uma ferramenta de gestão, especular que funcionaria apenas numa produção altamente repetitiva e alegar ser o sistema de planejamento das necessidades de materiais MRP (*Material Requirement Planning*) superior ao sistema *kanban*. Daí para frente, porém, numerosas aplicações bem sucedidas de versões adaptadas do *kanban* em companhias ocidentais mostraram que seus usuários estavam muito satisfeitos com a assimilação do método ocidentalizado de *kanban*, que se tornou também conhecido como CONBON.

A palavra CONBON descreve, em inglês, os dois tipos de cartões básicos utilizados na operacionalização do sistema *kanban*, que são: (1) o aviso de cartão de pedido

(CON: *Card Order Notice*) e o aviso de retirar (BON: *Bring Out Notice*). A pronúncia da sigla também se assemelha à pronúncia japonesa de *kanban*.

A GMB utiliza o método de abastecimento por *kanban* com cartões apenas para itens componentes simples, na sua maioria acondicionados em contentores pequenos e leves que podem ser abastecidos manualmente. Esses itens componentes, como já explicado anteriormente na seção 1.3.1, são classificados como itens componentes menores.

Tais contentores ficam estocados nas linhas e células de montagem, em prateleiras metálicas de perfil leve. Para o perfeito funcionamento deste método, é necessário que se tenha no ponto de uso dois contentores com o mesmo item componente “A”, contendo um cartão BON em cada contentor.

O operador de produção (cliente), ao apanhar o último item componente “A” de um contentor, retira este contentor vazio da sua posição e coloca-o no nível inferior da prateleira (nível de retorno dos contentores vazios).

O cartão BON correspondente ao contentor recém-consumido é retirado do mesmo e introduzido em um coletor de cartões. Este coletor de cartões é facilmente visível no corredor de circulação da planta. A presença de um ou mais cartões nesse coletor indica ao encarregado do abastecimento de itens componentes a necessidade de abastecer com um contentor cheio.

Ao perceber a existência de cartões no coletor, um encarregado de abastecimento de itens componentes, que percorre rotas padronizadas entre a linha de montagem e as áreas de estocagem, recolhe o contentor vazio o mais breve possível, ou seja, JIT e providencia sua rápida reposição por um contentor cheio.

Cobrindo uma distância relativamente curta a cada deslocamento, aquele encarregado entrega os contentores cheios requisitados pelos seus pontos de uso, enquanto recolhe novos contentores vazios. Na área de estocagem, o encarregado que

recolheu o cartão BON do item componente “A” localiza um contentor cheio, que deve estar acompanhado de um segundo tipo de cartão, o CON. Ele remove então o cartão CON e coloca o BON no contentor do item componente “A”. Esse contentor com o item “A” e o cartão BON é entregue à linha de montagem, antes que o contentor precedente com o mesmo item seja esvaziado. Tal ciclo se repete e os contentores cheios vão sendo puxados de suas áreas de estocagem para seus pontos de uso, na medida em que o fluxo de produção avança.

Suzaki (1987) afirma que uma vantagem do método *kanban* é o baixo nível de investimento requerido para a sua implementação e manutenção. Para este autor, o sistema *kanban* também se caracteriza por ser flexível para melhorias ou mudanças e permitir o controle visual do processo.

Entretanto, esta alternativa apresenta algumas desvantagens enquanto método de abastecimento de linhas de montagem, como as seguintes:

- Necessidade mínima de 02 contentores no ponto de uso;
- Requer disciplina dos usuários na utilização do cartão.

O sucesso na sua implementação depende fundamentalmente da organização no local de trabalho, produção e movimentação em pequenos lotes, localização de estoques próximos aos pontos de uso e a possibilidade de entregas mais frequentes.

Além disso, cuidados adicionais com alguns outros pontos que favorecem a adequada aplicação deste método deverão ser considerados, tais como: treinamento e educação dos usuários quanto às vantagens do processo, esclarecimento das razões para sua implementação, planejamento com antecedência dos ciclos, rotas e pontos de uso, e obtenção de um adequado balanceamento da produção.

A Figura 2.4 ilustra o funcionamento do método de abastecimento por cartão *kanban*, indicando seus principais passos, os quais são enumerados a seguir:

1. Ao retirar o primeiro item componente do novo contentor, o operador retira o cartão *kanban*, colocando-o no devido coletor;
2. O abastecedor entrega os itens componentes no ponto de uso e aproveita para recolher os contentores vazios e os cartões separados para a requisição de reabastecimento;
3. De posse dos cartões *kanban*, os itens componentes são separados no estoque e a carga a ser abastecida na próxima rota é montada (os cartões são acoplados ao correspondente contentor cheio);
4. Seguindo a rota padronizada, os contentores com itens componentes são entregues no ponto de uso antes que os contentores precedentes se esgotem.

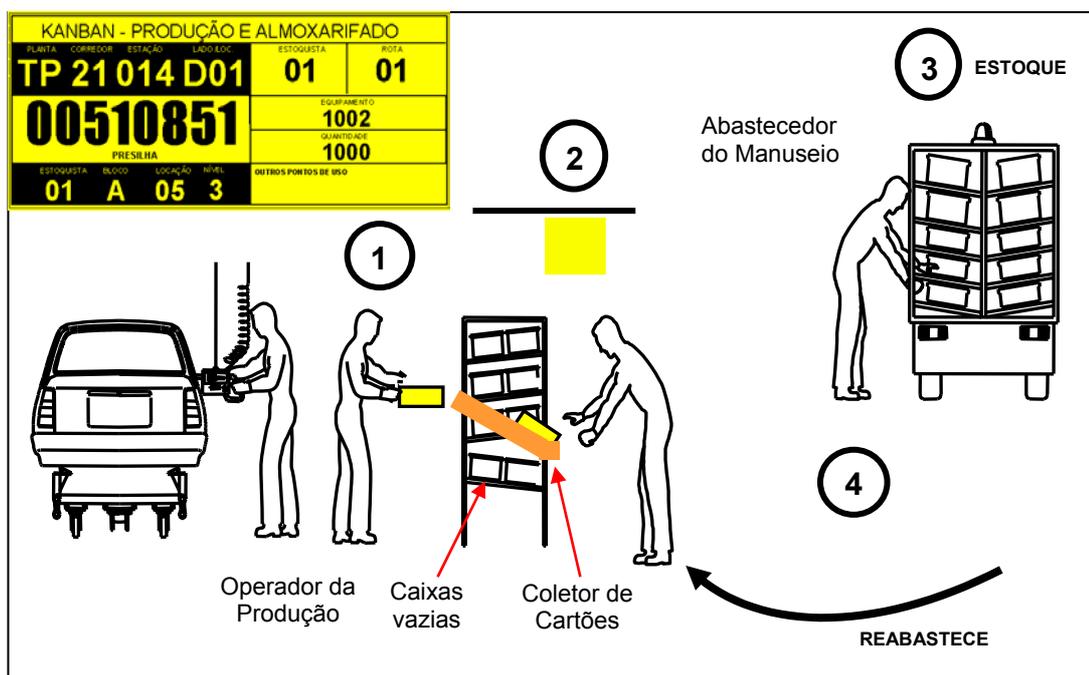


Figura 2.4 - Método de Abastecimento por *Kanban* com cartões

2.1.1.3 Método de abastecimento por Supermercado

O método de abastecimento por Supermercado é por definição executado pelo próprio operador da produção, que se serve do item componente que lhe é necessário, analogamente à maneira como consumidores fazem suas compras nos varejistas, retirando as mercadorias que necessitam das prateleiras. A reposição de itens componentes no supermercado, por sua vez, pode ser feita pelos métodos de abastecimento por cartão *kanban* ou Troca de Contentores.

O abastecimento por Supermercado tem como propósito abastecer itens componentes a partir de um ponto centralizado, para pontos de uso onde o consumo seja difícil de ser definido antecipadamente.

A implementação deste método pode ser justificada pelas seguintes condições:

- Os itens componentes a serem abastecidos são pequenos e acondicionados em contentor compatível ao manuseio manual;
- O consumo dos itens componentes no ponto de uso não é estável como no caso de células de produção que produzem mais de um tipo de produto;
- O acesso às prateleiras localizadas próximas ao ponto de uso seria difícil ao abastecedor;
- Há disponibilidade de local próximo ao operador para a localização de um supermercado que não prejudique a visão da sua área de trabalho.

Pode-se dizer que este método de abastecimento oferece muitas vantagens, pois a troca do contentor é feita pelo operador de produção no momento exato em que ele necessita do item componente. Além disso, proporciona um inventário baixo no ponto de uso, um controle visual simples e de fácil compreensão (contentor vazio/cartão), abastecimento em locais centralizados e facilita também o controle e racionalização da mão-de-obra.

Por outro lado, algumas desvantagens podem ser relacionadas a este método, como as seguintes:

- A operação de busca de contentor no supermercado pelo operador de produção pode causar um impacto não desprezível na sua carga de trabalho;
- Depende da disponibilidade de área próxima ao ponto de uso para a instalação do supermercado.

A Figura 2.5 exemplifica tal método, identificando os seguintes passos principais:

1. Operador de produção troca contentor vazio da linha ou célula de montagem por contentor cheio do supermercado;
2. Operador de produção coloca cartão para reposição de itens componentes no porta-cartão do supermercado;
3. Abastecedor verifica o cartão colocado no coletor e repõe contentor cheio com os itens componentes correspondentes no supermercado.

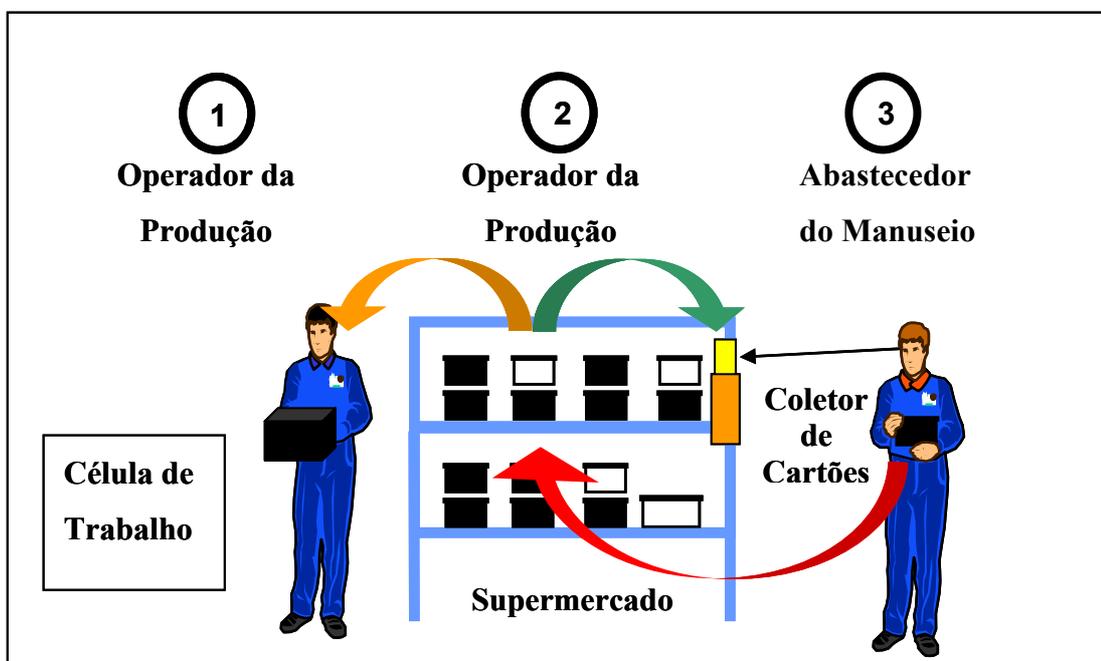


Figura 2.5 - Método de Abastecimento por Supermercado.

2.1.1.4 Método de abastecimento por Pacote

Este método visa abastecer itens componentes em células ou linha de montagem, sem a utilização de contentores, ou seja, abastecer somente aqueles previamente preparados pela equipe de abastecimento em forma de pacote.

São utilizadas rotas de abastecimento pré-determinadas para percorrer pontos de uso cujas características de espaço e *layout* restrinjam a alocação do contentor original do item componente.

A aplicabilidade deste método deve considerar, além desta condição, certas características do item componente, como forma, massa e tamanho. Estas características devem permitir o encaixe um no outro, de uma certa quantidade do item em questão, compondo um único volume, e abastecido em sua locação específica sem a utilização de um contentor.

Como vantagens desse método de abastecimento, vale destacar as seguintes:

- redução do inventário junto à Produção;
- redução das necessidades de área para abastecimento junto às linhas ou células de montagem;
- possibilidade de ser conciliado com outros métodos de abastecimento;
- melhor apresentação dos itens componentes ao usuário.

Entretanto, o abastecimento por Pacote tem a desvantagem de requerer “duplo manuseio”, uma vez que os itens componentes que compõem um pacote sofrem manipulação antes de serem abastecidos, o que implica em mão-de-obra adicional.

O método pode ser visualizado na Figura 2.6, que ilustra os seguintes procedimentos básicos:

1. Operador efetua uma rota de abastecimento, percorrendo os pontos de uso com o conjunto de itens que fazem parte do sistema de Pacote;
2. Em cada ponto de uso, completa as devidas locações vazias com uma quantidade de itens componentes suficiente até a próxima rota e observa o consumo.

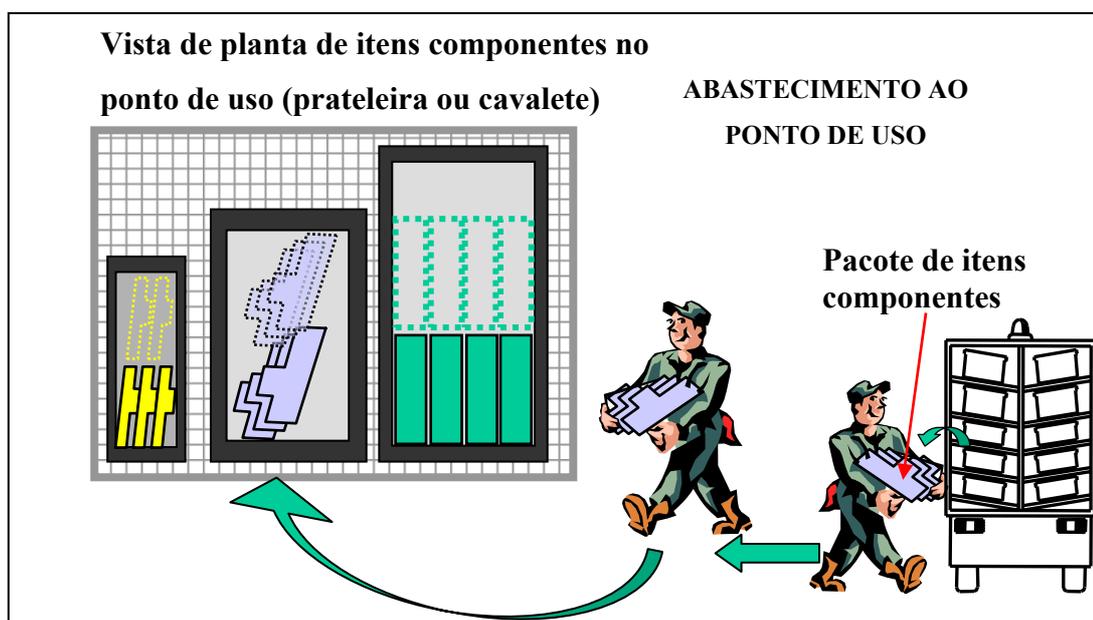


Figura 2.6 - Método de Abastecimento por Pacote.

2.1.1.5 Método de abastecimento Mixado

Este é um método de abastecer itens componentes no ponto de uso, utilizando a consolidação de diversos itens componentes com consumos diferentes num mesmo contentor. O reabastecimento é realizado mediante troca de contentor através de acompanhamento visual e utilização de apenas um contentor no ponto de uso.

Tem como propósito prover uma forma de abastecimento em locais com restrição de espaço para a alocação de todos os itens componentes necessários em seus respectivos contentores originais e onde nenhum outro método se mostra mais

adequado. A utilização deste método é recomendada quando, além da condição anterior, o consumo e *mix* de produção forem muito variáveis.

Para o sucesso deste método é recomendável que os itens componentes sejam de fácil manuseio, ou seja, não volumosos, podendo ser consolidados e compactados com facilidade.

Portanto, como vantagens desse método de abastecimento, podem ser citados:

- redução do inventário junto aos pontos de uso;
- redução das necessidades de área para abastecimento junto às linhas ou células de montagem;
- abastecimento de cargas mixadas, constituídas de diferentes itens componentes, reduz as necessidades de movimentação de materiais entre os estoques e as linhas ou células de montagem;
- facilidade de controle e racionalização da mão-de-obra para abastecimento.

Por outro lado, como desvantagens do método de abastecimento Mixado, podem ser citadas:

- Necessidade de abastecimento, separação e consolidação manual dos itens componentes na área de preparação das cargas mixadas (duplo manuseio), gerando esforços adicionais;
- Necessidade de mão-de-obra adicional;
- Necessidade de área adicional no estoque de itens componentes para preparar as cargas mixadas.

A Figura 2.7 ilustra a seqüência de operações que constituem o método de abastecimento Mixado.

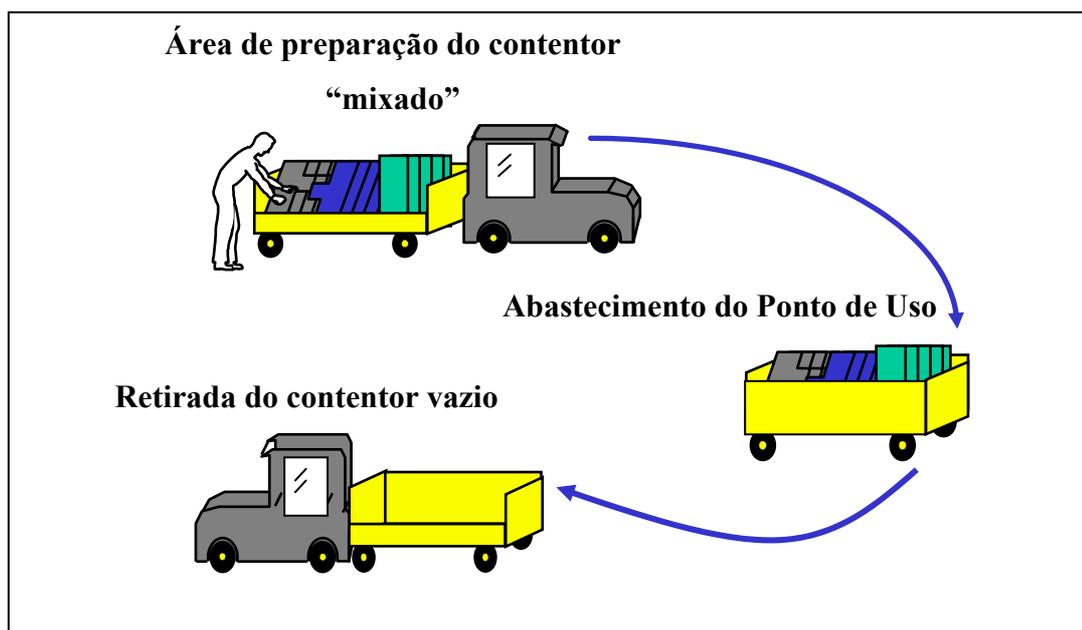


Figura 2.7 - Método de Abastecimento Mixado.

2.1.1.6 Método de abastecimento por *Kits*

Neste método alternativo de abastecimento de itens componentes, os mesmos são entregues nos pontos de uso através de *kits* preparados previamente no estoque.

O abastecimento por *Kits* é utilizado em situações em que há pouco espaço para a disposição de contenedores dos diferentes itens componentes no mesmo ponto. A adoção deste método requer, porém, que os padrões de consumo dos itens componentes sejam semelhantes ou múltiplos de um.

A separação em *kits* pode ser conciliada com outros métodos de abastecimento, como o abastecimento por *kanban*.

A associação do abastecimento por *kits* com outro método, como o por *kanban*, fornece um adequado gerenciamento visual para esta atividade e ao mesmo tempo minimiza os custos da separação e consolidação dos *kits*.

Segundo Harmon; Peterson (1989), caso este método não seja associado a um gerenciamento visual, torna-se necessária a realização da programação de entregas por períodos de tempo, ajustado conforme o tempo de consumo dos *kits*.

Este método de abastecimento JIT apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Todos os itens componentes envolvidos na operação devem ter padrões de consumo semelhantes (modulares);
- Necessidade de área para a preparação prévia dos *kits*;
- Duplo manuseio para a preparação dos *kits*;
- Necessidade de mão-de-obra adicional;
- Perda (*scrap*) de um item prejudica o *kit*;
- Necessidade de contentor exclusivo para o acondicionamento dos *kits*;
- Pode afetar a qualidade dos itens, devido ao duplo manuseio e acondicionamento inadequado.

Este método de abastecimento deve ser adotado preferencialmente quando a produção horária for baixa. Para o seu sucesso, deve-se ter um número adequado de itens componentes com consumo modular para racionalizar as entregas e sua implementação deve ser coordenada com a organização do local de trabalho.

A Figura 2.8 ilustra como é a operação deste método, caso o *kit* seja formado por lotes padrão constituídos por uma determinada quantidade de cada item componente ou por um item de cada.

No primeiro caso, a seqüência das operações realizadas é dada a seguir:

1. O operador de abastecimento verifica os itens componentes que compõem o *kit* e quais as respectivas quantidades. Retira os itens dos contentores de estoque originais e prepara o *kit*;

2. Contentor com os itens que compõem o *kit* é abastecido no ponto de uso seguindo a frequência de entrega definida (Ex.: hora em hora, 2 em 2 horas etc);
3. O operador de abastecimento retira o contentor vazio para a preparação do próximo abastecimento.

No caso da preparação de lotes com um item de cada, a seqüência é análoga à anterior, sendo que no passo inicial o operador de abastecimento retira somente um item de cada dos respectivos contentores de estoque originais, para formar um *kit*, que deve ser destinado a uma estação específica e consumido na montagem de somente um veículo.

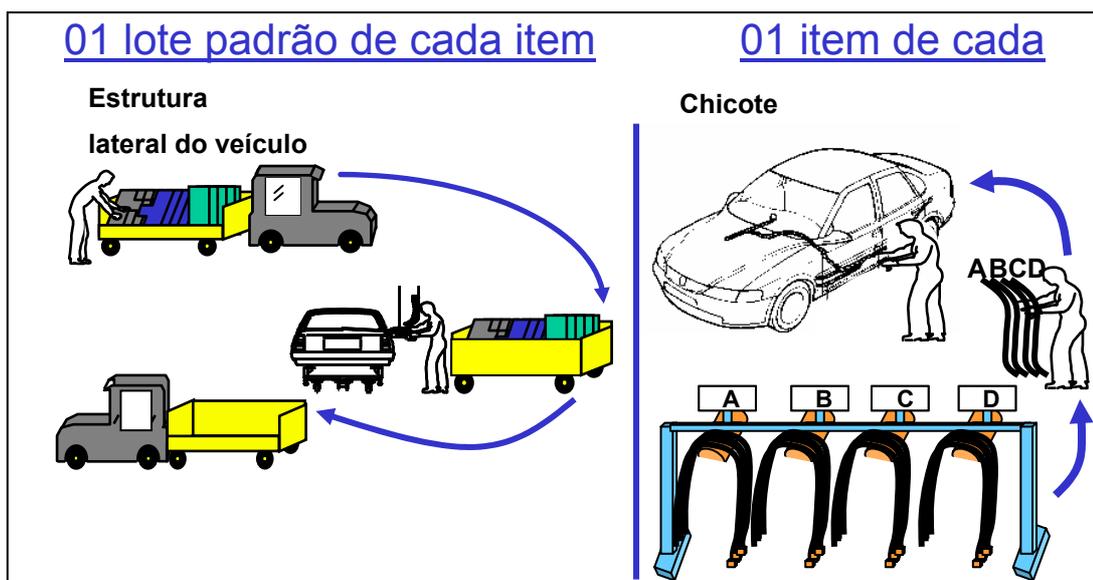


Figura 2.8 - Método de Abastecimento por *Kits*

2.1.1.7 Método de abastecimento Sequenciado

Neste método de abastecimento, os itens componentes são entregues diretamente na linha de montagem ou célula de montagem, dispostos no contentor na seqüência idêntica à dos modelos de veículos em que serão montados em um ciclo de tempo pré-determinado.

Este método utiliza como meio para puxar a Produção (maneira como o próprio cliente sinaliza a necessidade de reabastecimento de um determinado material ao seu fornecedor), o programa da seqüência de montagem de veículos, impressa na própria área de preparação de itens seqüenciados, por uma impressora conectada via rede ao sistema de informação do departamento de Controle de Produção e Materiais (Sistema FLEX da GMB).

Os membros do time de abastecimento examinam o programa de produção impresso, identificando os veículos e modelos na seqüência em que serão produzidos, e colocam os itens componentes correspondentes a cada veículo e modelo no contentor, na exata seqüência de montagem final.

Logicamente, a disponibilização do programa de produção deve ocorrer com suficiente antecedência em relação ao horário programado, para que a seqüência de produção indicada seja executada na linha de montagem. Essa antecipação é formalmente denominada “tempo de recuo” ou simplesmente “recuo”. O “recuo” deve ser suficiente para permitir a leitura do programa de produção, a preparação dos itens componentes na exata seqüência em que serão montados e o abastecimento dos mesmos.

Segundo Harmon; Peterson (1989), esse método tem como propósito prover um sistema eficiente para o abastecimento de itens componentes que constituem famílias com grande variedade de itens, que sejam destinados a um mesmo ponto de uso (montagem), onde haja sérias restrições de espaço para a disposição individual dos respectivos contentores.

Este método atende aos princípios do JIT, principalmente por reduzir o inventário de itens componentes junto à linha ou célula de montagem. Entretanto, apresenta algumas desvantagens no que se refere à:

- necessidade de área para a preparação da carga seqüenciada;

- necessidade de mão-de-obra adicional para preparação da carga seqüenciada no contentor de abastecimento;
- duplo manuseio dos itens, o que inclusive pode ocasionar problemas de qualidade; e
- necessidade de contentor de manuseio especialmente projetado.

O sucesso na operação deste método de abastecimento requer que o intervalo de tempo entre as impressões das listas com as informações dos itens componentes a serem seqüenciados seja bem definido e controlado. Além disso, o custo ou importância do item componente a ser manuseado, bem como a organização no ponto de uso, são importantes para justificar o aumento da carga de trabalho que a adoção do método de abastecimento seqüenciado pode causar.

As etapas do método de abastecimento seqüenciado são enumeradas a seguir e ilustradas na Figura 2.9:

1. Operador de abastecimento recebe a lista da seqüência de produção a ser atendida;
2. Operador de abastecimento retira itens componentes dos contentores de estoque e acondiciona no contentor para cargas seqüenciadas, obedecendo à lista da seqüência de produção;
3. Contentor com os itens na seqüência de produção é transportado ao ponto de uso.

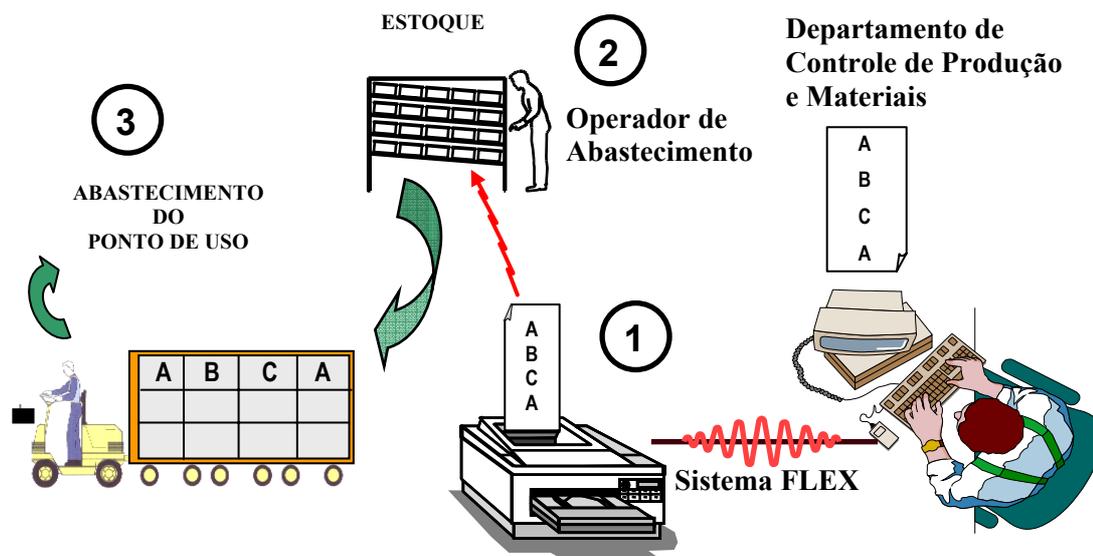


Figura 2.9 - Método de Abastecimento Seqüenciado

2.1.1.8 Método de abastecimento *Andon System*

Os métodos de abastecimento que se baseiam em sinalizações das necessidades de materiais na linha pelo operador da produção permitem a reposição gradual dos estoques, na medida em que os contentores vão sendo fisicamente consumidos. Era comum, no passado, a necessidade de manter grandes estoques de segurança, para se prevenir de possíveis faltas, por ocorrências como falhas de material, quebras de máquina ou acidentes em percurso.

Mas conforme o conceito de produção JIT, a quantidade de itens componentes disponíveis em estoque deve obedecer a critérios rígidos de minimização dos estoques. Assim, esforços de melhoria contínua dos sistemas e procedimentos de produção têm possibilitado a gradual redução do nível de estoques na GMB.

No cenário atual, em que o bom desempenho das empresas se torna cada vez mais dependente de respostas ágeis e flexíveis por parte da manufatura, o método *Andon System* desponta como uma valiosa ferramenta para dar prosseguimento à racionalização dos processos de abastecimento de itens componentes na manufatura.

Em realidade, o termo *Andon*, originário da língua japonesa, segundo Monden (1998), tornou-se amplamente conhecido no setor industrial pelo seu uso na Toyota Motor Co. como jargão para referenciar Sistema de Controle Visual. Tal sistema baseia-se na aplicação de painéis com lâmpadas elétricas, pendurados em áreas altas da fábrica, de onde podem ser vistos facilmente por qualquer operador. Quando um operador necessita de ajuda e atrasa uma operação, ele comunica esta dificuldade acendendo uma lâmpada amarela no painel *Andon*. Se ele tem de parar a linha para ajustar alguma máquina, a luz vermelha é automaticamente acesa.

O *Andon* é hoje utilizado em ambiente de produção da GMB para indicar problemas na linha, assim como idealizado pela Toyota.

Paralelamente, como já salientado anteriormente, o conceito de manufatura enxuta apregoa a eliminação dos desperdícios em geral e, em particular, do acúmulo desnecessário de materiais através da clara sinalização das necessidades dos mesmos e da simplificação dos procedimentos no chão-de-fábrica.

Portanto, a GMB, seguindo a lógica do *Andon* de produção de explorar recursos visuais para rápida comunicação e tomada de decisão, percebeu que a aplicação deste meio poderia ser estendida para algo semelhante: coordenar e indicar as necessidades de abastecimento de itens componentes nas linhas e células de montagem. Na GMB, acredita-se que o aproveitamento do *Andon*, como instrumento de comunicação e coordenação num sistema de abastecimento de materiais, sustenta os objetivos centrais da manufatura, enumerados a seguir e indicados pelos quatro pilares ilustrados na Figura 2.10.

- 1- otimização de recursos operacionais;
- 2- aumento da confiabilidade de processo;
- 3- eliminação de faltas;
- 4- redução de estoques em processo (*Work In Process*).

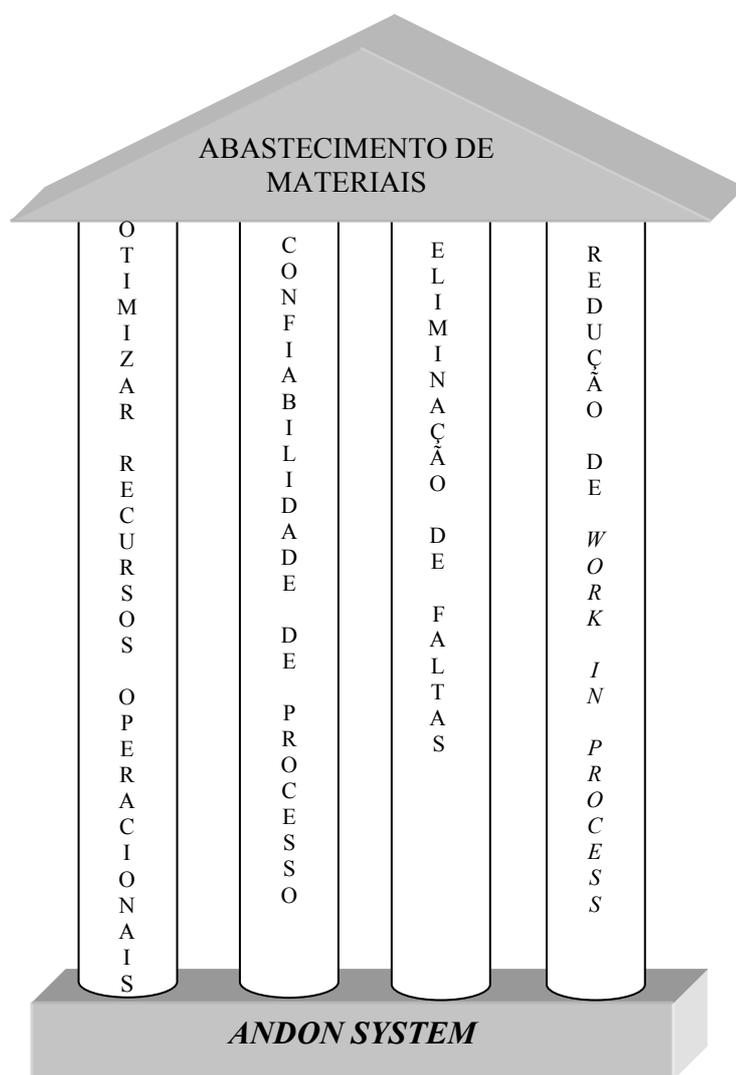


Figura 2.10 - Os pilares do *Andon System* (elaborada pelo autor)

As atividades de manuseio de materiais são muito importantes para a eficiência e agilidade de uma fábrica e, quando efetivamente integradas às operações logísticas, simplificam e aumentam a rapidez do fluxo de componentes e do produto ao longo de todo o sistema de produção.

Por volta de 1990, foi instalado o primeiro método *Andon System* de abastecimento na Planta da GMB em São Caetano do Sul. Em sua primeira versão, era basicamente constituído de um quadro luminoso, que possuía uma lâmpada ao lado do código de identificação de cada item componente, que deveria ser abastecido na linha de montagem. Quando um operador da linha de produção apertava um botão, uma

lâmpada conectada acendia no painel *Andon* e um operador de empilhadeira identificava visualmente o item que estava sendo solicitado. Este operador buscava então o item solicitado no estoque e abastecia a área de montagem.

Entretanto, alguns problemas surgiram naquela época, tais como:

- queima de lâmpadas;
- deslocamento obrigatório do operador de abastecimento até o painel *Andon* para leitura do item solicitado;
- sistema com pouca ou nenhuma flexibilidade para alterações (por exemplo, em caso de mudança do arranjo físico), devido a muitos quilômetros de cabos que se espalhavam por entre as treliças da cobertura da fábrica;
- necessidade de muita manutenção;
- falta de padronização; e
- alto custo para expansões.

Em 1997 iniciou-se a utilização do método de abastecimento baseado na utilização da tecnologia *wireless*, doravante referenciado como *Andon System Wireless* ou simplesmente *Andon Wireless*, nas plantas de São Caetano do Sul e Gravataí, visando gerenciar o abastecimento de linhas e células de montagem, com o material certo, na quantidade certa e no momento certo, de modo a oferecer novas vantagens e facilidades ao processo. Vale ressaltar que no âmbito da indústria automotiva brasileira a GMB se tornou então a empresa pioneira na utilização e desenvolvimento do método *Andon Wireless*.

O *Andon Wireless* se apresenta como uma ferramenta de abastecimento simples em sua concepção, porém alicerçada na moderna tecnologia de comunicação por radiofrequência – até então não aplicada para este tipo de integração – de modo a oferecer novas vantagens e facilidades à logística de Apoio à Manufatura.

Na primeira geração do sistema *wireless*, havia algumas limitações, como, por exemplo, as citadas a seguir:

- O operador precisava selecionar o item componente através de um terminal de radiofrequência fixado na linha ou célula de montagem, ou seja, sem portabilidade. Um sinal de radiofrequência era então enviado para uma central, que acionava uma empilhadeira, pré-definida, para abastecimento do item componente; e
- A infra-estrutura do sistema era interligada por meio de cabos coaxiais, gerando certa lentidão na transmissão de dados.

Mas com a evolução experimentada pela tecnologia de comunicação *wireless*, os problemas que haviam sido identificados puderam ser eliminados e, adicionalmente, tornou-se possível oferecer aplicações de maior versatilidade e flexibilidade às plantas.

Na introdução do modelo de veículo “Z” em 2002, a cobertura de sinal de radiofrequência do sistema *wireless* veio a abranger a área que compreende a Linha de Montagem (*General Assembly*) da Planta SJC.

Com o desenvolvimento de novos recursos para a exploração da tecnologia *wireless*, a solicitação de abastecimento de itens componentes passou a ser feita pela Produção por meio de *scanners*, em substituição aos terminais fixos de primeira geração. Os *scanners* são aparelhos portáteis, alimentados por bateria, e dispensam pedestais e instalações elétricas. Outra vantagem de sua utilização é que qualquer relocação de área produtiva não implica em custo adicional para a GMB, dada à portabilidade dos *scanners*.

A atual configuração do método *Andon Wireless*, utiliza uma infra-estrutura de comunicação própria, suportada basicamente pelos seguintes quatro tipos de recursos:

1. Estações rádio-bases (*access points*) - são provedoras do sinal de radiofrequência. Atualmente, a frequência mais utilizada é a de 2.4 GHz, que apresenta bom desempenho em ambiente industrial. A quantidade de rádio-bases

instaladas em um sistema varia conforme a área a ser coberta por sinal de comunicação de dados, bem como por possíveis obstáculos que promovam interferências. São interligadas em rede entre si e com o *host* (explicado no tópico seguinte), preferencialmente através de cabeamento de fibra óptica. A Figura 2.11 apresenta uma instalação de um *access point* em conjunto com uma antena de recepção e transmissão de sinais na cobertura de uma planta industrial.

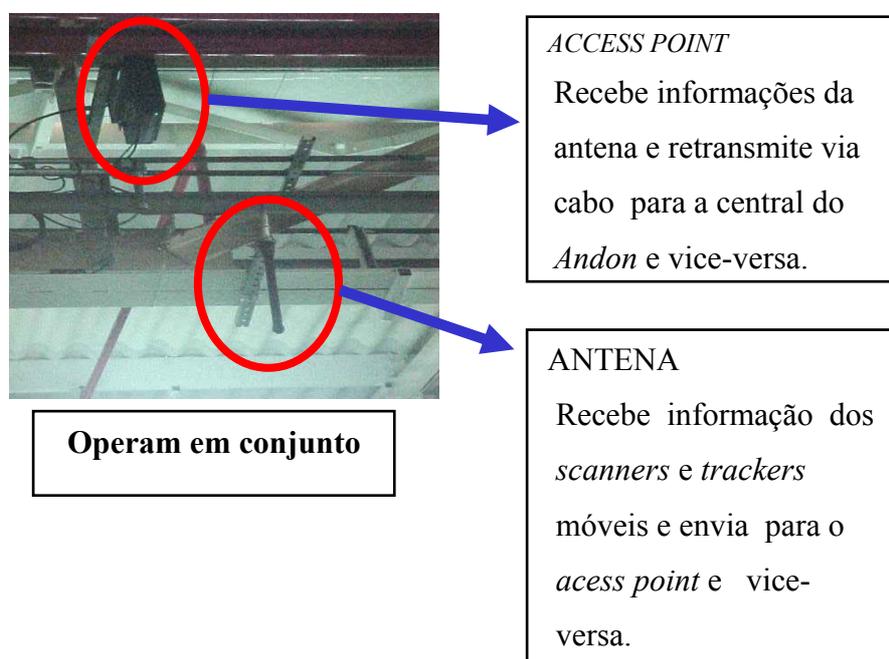


Figura 2.11 - *Access point* e antena.

2. Microcomputador *PC* dedicado (*host*) – hospeda e suporta o programa de controle do método *Andon Wireless* e o banco de dados associado, recebe a informação conduzida pela rede óptica, processa a informação e a envia processada para os coletores desejados, tal como sugere a Figura 2.12. O *host* executa também as transações de interface para a administração do sistema, tais como: monitoramento do *status on-line* dos recursos departamentais, geração de relatórios, inclusão e exclusão de dados.

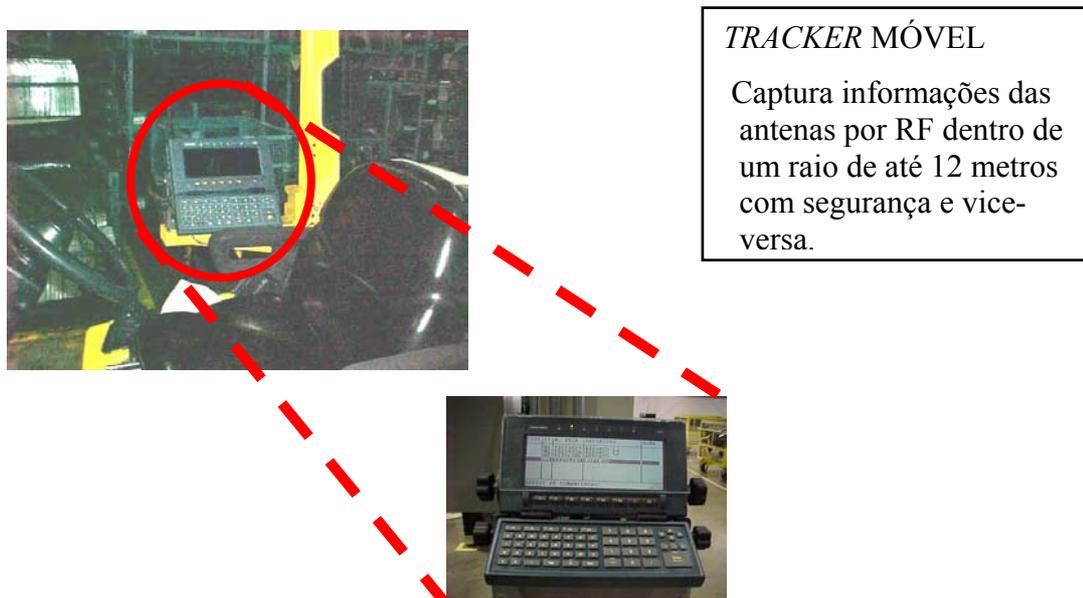


Figura 2.13 - *Tracker* móvel.

4. Coletores de Dados por RF para uso em Células ou Linhas de Montagem (*barcode laser scanners*) - é com este equipamento que o operador de produção solicita os itens que necessitam ser abastecidos. São *scanners* com display LCD (cristal líquido) integrado. A Figura 2.14 apresenta um *scanner* ao lado de uma relação de códigos de barra.

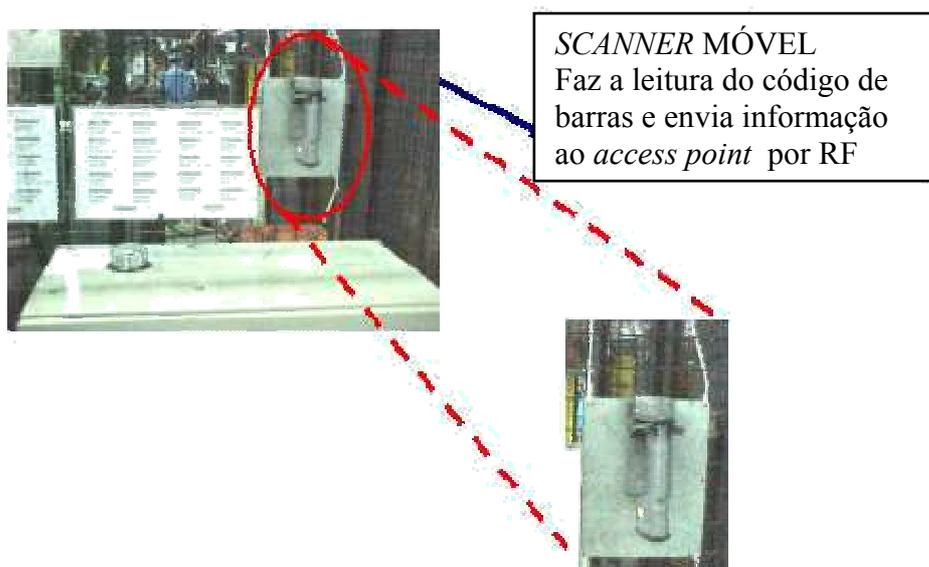


Figura 2.14 - *Scanner* móvel.

O funcionamento do método *Andon Wireless* parte de uma solicitação, que é acionada pelos operadores da linha de produção e encaminhada ao pessoal de movimentação de materiais em forma de sinal eletrônico, sinalizando a necessidade de reabastecimento de uma determinada classe de item componente e acionando um processo padronizado de distribuição de itens abastecidos ao nível do chão-de-fábrica. Os materiais solicitados são transportados por meio de empilhadeiras, ou em contentores com rodas, conduzidos por rebocadores.

O processo de reabastecimento inicia-se quando o operador da produção solicita o item componente, no momento em que a quantidade de itens dentro do contentor atinge o ponto de pedido⁸. Este ponto pode ser alterado caso os times de produção ou abastecimento percebam alteração significativa nas condições e variáveis consideradas em seu dimensionamento.

É impreterível que o ponto de pedido seja obedecido na solicitação dos itens. Os registros de solicitações são ordenados e “enfileirados” obedecendo ao critério cronológico (FIFO). Apenas as solicitações críticas⁹ são interpretadas preferencialmente pelo sistema.

Como exemplo elucidativo de “solicitação crítica”, suponha-se um caso em que determinado item componente tenha seu ponto de pedido estabelecido em 10 unidades. O operador de produção, ao notar que restam 10 unidades no contentor, dispara imediatamente uma solicitação de reposição com seu *scanner*.

Convertendo-se em tempo, suponha-se que essas 10 unidades remanescentes no contentor sejam suficientes para atender a linha de montagem por apenas 30 minutos.

⁸ Quantidade residual de itens componentes dentro do contentor, que orienta o operador da produção a solicitar o reabastecimento. Essa informação fica disponível num cartel fixado junto ao contentor do respectivo item, tal como indica a Figura 2.15.

⁹ Solicitações de itens componentes que entram diretamente na linha de montagem, sem formar subconjuntos e, portanto, sem *buffer* estratégico. O *buffer* é um estoque intermediário mantido para acomodar contingências de abastecimento e de produção para evitar desperdícios por paradas de linha.

Por se tratar de item crítico, a ausência do mesmo acarretaria a parada de toda a linha de montagem, pois itens críticos não possuem *buffer* estratégico.

Suponha-se, neste mesmo exemplo, que o método *Andon Wireless* apresente, no momento da solicitação em questão, um total de 20 diferentes registros de solicitações pendentes.

Se esta solicitação não fosse interpretada como solicitação crítica, o item componente correspondente seria abastecido somente após o atendimento das 20 solicitações prévias e pendentes.

Pequenos fatores normais ao dia-a-dia de uma planta de manufatura podem causar variações no tempo de atendimento das solicitações. Portanto, existe o risco de que o método de abastecimento *Andon Wireless* não consiga repor o contendor do item componente solicitado em até 30 minutos. Isso causaria a parada de toda a linha de montagem, ou do segmento da linha de montagem em questão.

A distinção de solicitação crítica possibilita eliminar este risco. Todos os itens classificados como críticos obedecem a um critério prioritário de abastecimento. No exemplo em questão, a solicitação crítica seria automaticamente enviada pelo programa que controla o sistema *Andon Wireless* para o primeiro veículo de abastecimento disponível, precedendo o atendimento da seqüência de 20 solicitações prévias e pendentes.



Figura 2.15 - *Cartel* com o ponto de pedido.

A solicitação pelo operador se dá pela leitura via *scanner* do código de barra de cada item componente, impresso em tabelas fixadas junto às linhas ou células de montagem, como indica a Figura 2.16.

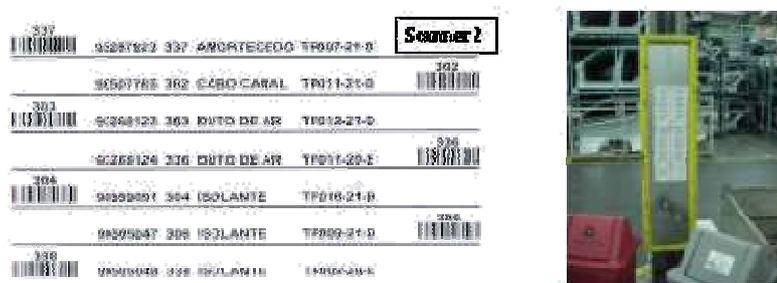


Figura 2.16 - Listagem com códigos de barra para solicitação dos itens componentes por escaneamento.

Como mencionado inicialmente, o presente trabalho foca a utilização de tecnologia *wireless* na Planta SJC, na busca de maior flexibilidade e eficiência no sistema de abastecimento de itens componentes.

A tecnologia *wireless* faz com que o sinal de pedido seja enviado, através de radiofrequência, à antena do *access point*, estrategicamente localizada sob o teto da fábrica, e a partir daí ele segue via cabeamento óptico até o *host*, como sugere a Figura 2.17. O sinal de pedido é processado e imediatamente enviado, também por radiofrequência, ao *tracker* do veículo de abastecimento selecionado e acionado pelo sistema.

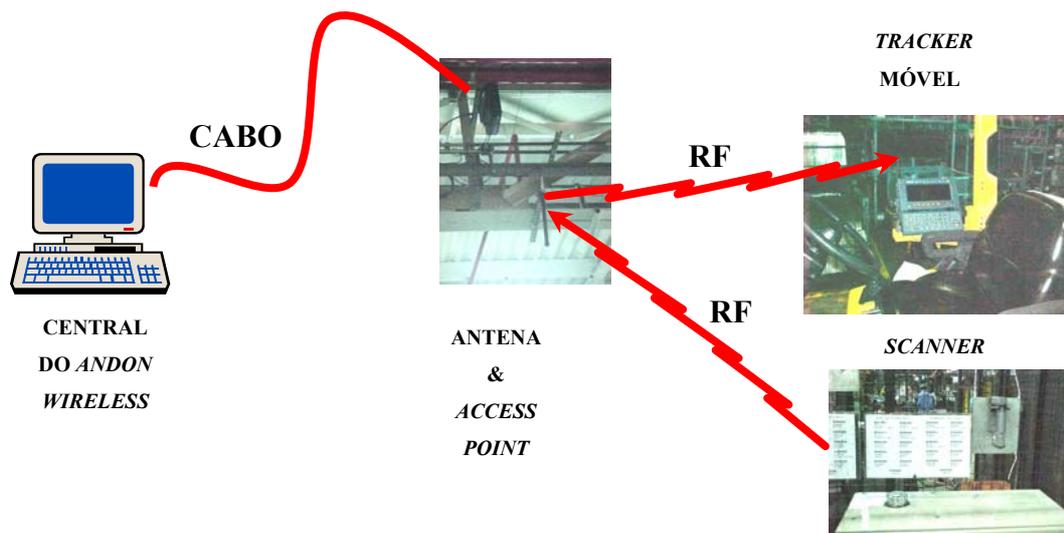


Figura 2.17 - Fluxo de informação no método *Andon Wireless*

O sistema permite ao operador de produção cancelar uma solicitação efetuada por engano, desde que o operador de abastecimento não tenha iniciado o abastecimento do item componente. Na Figura 2.18 é apresentado o painel do *scanner* com botões que acionam comandos específicos para o controle das solicitações de reabastecimento.

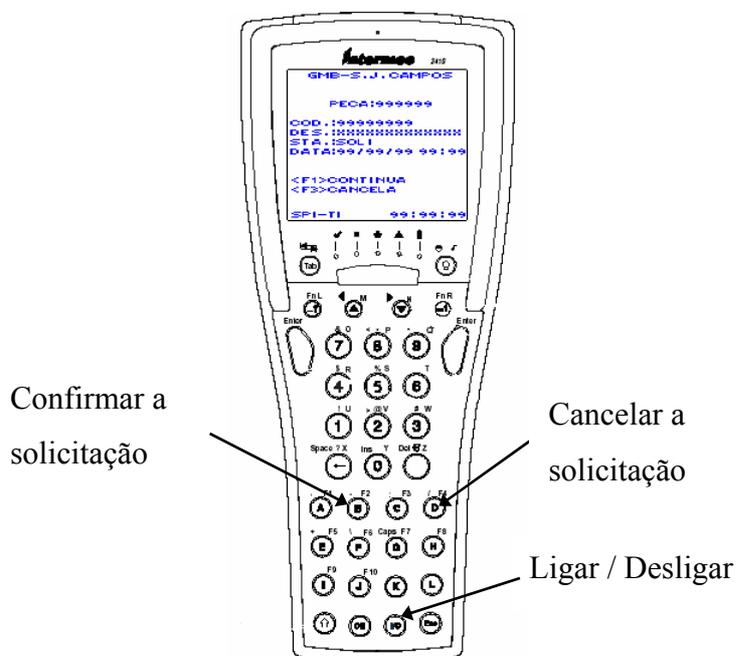


Figura 2.18 - *Scanner*: monitor com instruções para confirmar ou cancelar solicitação de itens componentes.

Qualquer inclusão, exclusão ou alteração de itens nos *scanners* da produção é imediatamente processada no *host*, portanto, as informações são atualizadas *on-line* nos terminais envolvidos (*scanners* e/ou *trackers*). Assim, com esse sistema consegue-se fazer a baixa no estoque e confirmação do abastecimento no ponto de uso de maneira *on-line*. Isso possibilita inclusive que o sistema indique aos controladores de estoque o ponto crítico para requisição de itens componentes aos fornecedores.

O sucesso na aplicação do método de abastecimento *Andon Wireless* requer um alto nível de disciplina e confiança entre os seus usuários e que estes sejam treinados e educados quanto às vantagens do processo, para a compreensão da razão de sua implementação. A Figura 2.19 ilustra a seqüência operacional de todo o método de abastecimento *Andon Wireless*.

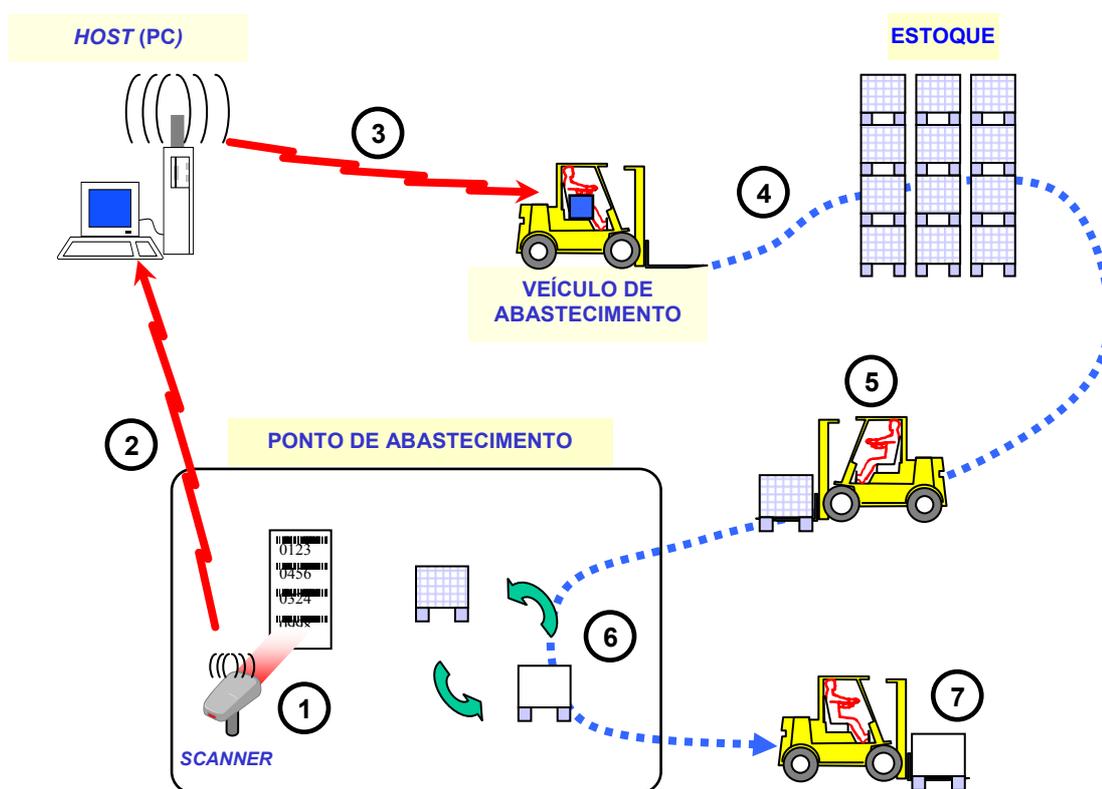


Figura 2.19 – Seqüência operacional do método de abastecimento *Andon Wireless*

2.1.2 Tabela comparativa de métodos de abastecimento

A pesquisa realizada para o levantamento e caracterização dos diferentes métodos aplicados pelo sistema operacional logístico de Apoio à Manufatura, requereu a observação e o estudo das atividades de planejamento dos processos de abastecimento a cargo da Engenharia de Manufatura da GMB. Essa pesquisa revelou a necessidade de auxiliar os engenheiros, técnicos e respectivos times de trabalho, a associar o método de abastecimento mais adequado a cada item componente identificado no planejamento da introdução de novos produtos ou mudança de modelos.

Inicialmente, observou-se que, com a natural renovação do corpo técnico pela contratação de novos engenheiros de manufatura para desempenhar funções de planejamento de abastecimento de itens componentes, faltava um meio consistente para consulta de todos os métodos de abastecimento possíveis de aplicação na GMB. O conhecimento dos engenheiros, mesmo com significativo tempo de trabalho, não era suficiente para expor com a rapidez e clareza necessárias, todos os métodos, sua aplicabilidade, vantagens e desvantagens.

Uma vez identificada esta carência, partiu-se para a elaboração de um registro que consolidasse as características de cada método de abastecimento aplicável numa planta de montagem de automóveis de média capacidade produtiva (em torno de 40 unidades montadas por hora de trabalho). Elaborou-se então a Tabela 2.1, em que os 8 métodos de abastecimento identificados nas seções anteriores são consolidados e apresentados resumidamente.

Os profissionais relacionados ao planejamento poderiam assim obter, de uma forma prática e rápida, uma indicação sobre o melhor método de abastecimento a ser adotado para cada item componente, com a comparação de determinados critérios.

Os critérios considerados relevantes para a apresentação comparativa dos diferentes métodos de abastecimento da Tabela 2.1 são descritos a seguir:

- A.** Área na linha para abastecimento – É a área necessária para posicionar os itens componentes próximos ao seu respectivo ponto de uso. É importante ressaltar que nem todos os métodos preconizam a utilização de contentores para operacionalizar o abastecimento dos itens componentes. A necessidade de alocar mais de um contentor na linha de montagem corresponde à classificação de “grande”.
- B.** Sistema de acionamento para abastecimento – É o sistema utilizado para sinalizar a necessidade de abastecimento de determinado item componente no ponto de uso.
- C.** Inventário no ponto de uso – É a quantidade de itens componentes individuais que é alocada junto ao ponto de uso. A necessidade de alocar mais de um contentor na linha de montagem corresponde a um inventário de itens componentes considerado “alto”.
- D.** Investimento – Métodos de abastecimento que requerem soluções mais complexas, como o projeto e construção de contentores especiais ou sistema de acionamento com recursos eletrônicos, correspondem a um investimento inicial considerado “alto”. É oportuno esclarecer que um investimento inicial “alto” não implica na inviabilidade do método em questão, mas numa importante variável a ser considerada no contexto global da decisão de selecionar o melhor método.
- E.** Área para preparação de contentor de abastecimento – É a área reservada junto ao estoque de itens componentes, para que membros dos times de abastecimento possam transferir os itens componentes, de seus contentores originais, para os contentores especiais de abastecimento de linha.
- F.** Duplo manuseio dos itens – É a necessidade de trabalho humano na manipulação de itens componentes antes do abastecimento da linha de montagem, para adequá-los ao método de abastecimento em questão.

- G.** Classificação do item componente – Caracteriza o tamanho do item componente. Se o mesmo possuir dimensões reduzidas, e for possível acondicioná-lo em contentores de massa bruta não superior a 15 quilogramas, o item componente é classificado como um item “menor”.
- H.** Controle visual – É a propriedade que determinado método de abastecimento oferece aos membros dos times de operação ou relacionados, de possibilitar determinar a urgência de reabastecimento de um item componente, pela simples e rápida observação do local de abastecimento na linha de montagem.
- I.** Estoque em área próxima ao ponto de uso – É a condição que determinados métodos de abastecimento preconizam, de dispor os itens componentes o mais próximo possível do ponto de uso, para evitar ou minimizar a necessidade de deslocamento do operador de produção sempre que tiver de auto-abastecer sua estação de trabalho com os itens componentes necessários. Quando o método não satisfaz este critério, ou seja, nos casos em que o próprio operador não se auto-abastece, os itens componentes são entregues por um operador de abastecimento.
- J.** Conciliação com outros métodos de abastecimento – Esta condição indica se o método de abastecimento em questão possibilita diferentes itens componentes serem abastecidos no mesmo ponto de uso, por meio de diferentes métodos de abastecimento.
- K.** Flexibilidade para melhorias – Propriedade inerente ao método de abastecimento de possibilitar em maior ou menor grau a melhoria contínua (*kaizen*) de sua aplicação.
- L.** Necessidade própria do operador da linha requisitar abastecimento – Indica se o método de abastecimento requer elevada disciplina do operador de produção para sinalizar a necessidade de abastecimento de um item componente no respectivo ponto de uso. Nos métodos em que isso não

ocorre, o reabastecimento no ponto de uso é assegurado pela percepção da necessidade ou pela programação de entrega por um operador de abastecimento.

Tabela 2.1 - Tabela comparativa entre métodos de abastecimento (Fonte: Adaptada de BUÍSSA, G. N. et al., 2003).

Métodos de Abastecimento / Critérios Comparativos	1	2	3	4	5	6	7	8
	Troca de contentores	<i>Kanban</i> com cartões	Supermercado	Pacote	Mixado	<i>Kit</i>	Seqüenciado	<i>Andon Wireless</i>
A) Área na linha para abastecimento	Grande	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena
B) Sistema de acionamento para abastecimento	Contentor vazio	Cartão	Necessidade do operador de produção	Visual	Visual	Frequência de entrega programada	Sistema <i>FLEX</i>	<i>Scanner</i> (ponto de pedido)
C) Inventário no ponto de uso	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
D) Investimento	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto
E) Área para preparação de contentor de abastecimento	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
F) Duplo manuseio dos itens	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
G) Classificação do item componente	Maior	Menor	Menor	Menor	Maior	Maior	Maior	Maior
H) Controle visual	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim
I) Estoque em área próxima ao ponto de uso	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
J) Conciliação com outros métodos de abastecimento	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
K) Flexibilidade para melhorias	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Alta
L) Necessidade do próprio operador da linha requisitar abastecimento	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim

Na consideração da necessidade de acomodar de forma eficiente e flexível um sistema de produção de múltiplos modelos, caracterizado pela crescente proliferação da variedade de itens componentes, a partir de 2002 na Planta SJC, face às sérias limitações físicas da mesma (ver seção 1.3), os seguintes aspectos tornaram-se cruciais aos Engenheiros de Manufatura da GMB:

- o fator “área” representava a grande restrição na busca de uma solução para este problema (critério “A”);
- a quantidade de itens componentes classificados como “maior” (critério “G”), que teriam de ser abastecidos individualmente, era alta;
- a solução a ser buscada para o problema deveria ser condizente com a filosofia corporativa de manufatura enxuta, especialmente em relação ao princípio de redução de inventário (GMS, conforme discutido na seção 2.1.1). Antes do método *Andon Wireless* se tornar disponível e sua aplicação passar a ser firmemente considerada pela Engenharia de Manufatura da GMB, dentre os diferentes métodos de abastecimento então aplicados, os métodos baseados na troca de contentores e nos cartões *kanban* se destacaram como os mais difundidos na Planta SJC. Destes, o método do *kanban* era mais adotado no manuseio de itens componentes menores, enquanto que para os itens componentes maiores o método da troca de contentores se mostrava mais adequado. Quando sua viabilidade técnica e operacional foi comprovada, o método do *Andon Wireless* despontou como uma promissora alternativa, sobretudo no abastecimento de itens componentes maiores, motivando seu confronto com o método convencional da Troca de Contentores (método 1 na Tabela 2.1).

Em comparação com este método, o *Andon Wireless* revelou algumas vantagens significativas em relação às condições enumeradas a seguir:

- a revisão do *layout* da Planta SJC, para a implementação da nova linha de montagem, implicou na redução da área disponível para alocar dois

contentores de cada item componente abastecido individualmente (critério “A”);

- na busca do princípio de obter o “Menor Tempo de Execução”, o GMS preconiza a redução dos inventários, através da eliminação de duplas locações de itens componentes junto à linha de montagem (critério “C”);
- o princípio de buscar a “Melhoria Contínua”, também preconizado pelo GMS, vem estimular a adoção de técnicas e tecnologias com suficiente flexibilidade (critério “K”).

3. AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO *ANDON WIRELESS* DE ABASTECIMENTO NA LINHA DE MONTAGEM DA PLANTA SJC

O objetivo deste capítulo é avaliar as decisões tomadas e os investimentos realizados pela GMB, a fim de reorganizar e racionalizar os processos de abastecimento da linha de montagem da Planta SJC, considerando as dificuldades impostas pela restrição de área, conforme apresentado na seção 1.3.2, onde foi caracterizado o problema da falta de espaço para alocação de itens componentes junto à linha de montagem, devido ao grande aumento da variedade de modelos de veículos verificado desde 2002.

Quando se iniciam os trabalhos de um novo programa¹⁰ aprovado, a Engenharia de Manufatura mune-se de todos os dados referentes aos modelos de veículos já existentes, que estejam sob a responsabilidade dos departamentos de produção, e os insere num processo integrado de planejamento (*layouts*, processos de manufatura), a fim de visualizar o novo cenário de produção. Esse cenário possibilita aos engenheiros de manufatura levantar dados precisos de quantidade total de itens componentes a serem controlados, características dos itens componentes a serem manuseados, bem como de áreas necessárias e disponíveis ao longo das linhas de montagem, para poderem definir o método de abastecimento mais adequado a cada item componente.

A Tabela 3.1 mostra a quantidade de itens componentes envolvida na linha de montagem e os respectivos métodos de abastecimento utilizados nos períodos considerados para este estudo:

¹⁰ O termo “programa”, no contexto da indústria automobilística, é utilizado para designar o projeto de um novo modelo de veículo.

Tabela 3.1 – Quantidade de itens componentes abastecidos na linha de montagem da Planta SJC (Fonte: Planta SJC)

Período Método Abastecimento	Meados de 2001	Início de 2002	Meados de 2002
Troca de Contentor	950 itens	315 itens	180 itens
Mixado	416 itens	Não utilizado ¹¹	Não utilizado
Cartão <i>kanban</i> (caixas plásticas)	1813 itens	1416 itens	1905 itens
Seqüenciado	125 itens (20 famílias de itens) ¹²	249 itens (42 famílias de itens)	364 itens (61 famílias de itens)
<i>Andon Wireless</i>	Não implementado	534 itens	997 itens
Total	3304 itens	2514 itens	3446 itens

Este estudo leva em consideração os seguintes parâmetros:

- corredores de 3,5 metros de largura já inclusos no cálculo das áreas;
- nível médio de inventário, no estoque de itens componentes de fornecedores nacionais, de 1,4 dia;
- nível de inventário requerido nos pontos de uso para suprir no mínimo 2 horas de produção;
- prateleiras de abastecimento junto às linhas de montagem com capacidade média para alocação de 7 diferentes itens componentes em caixas plásticas;
- área média de 2,48 m² por prateleira e portanto de 0,35 m² para cada item componente menor;

¹¹ Conforme antecipado pela Figura 2.2, o método de abastecimento Mixado deixou de ser utilizado no final de 2001. Com a adoção dos conceitos e técnicas de excelência operacional do Sistema Global de Manufatura (GMS), citado na seção 2.1.1, o constante controle visual deixou de ser aceito como um sistema válido de acionamento da necessidade de abastecimento. O GMS não aceita a prática da observação da quantidade de itens componentes remanescentes num contentor com carga mixada, pelo operador de abastecimento e preconiza a clara sinalização da necessidade de abastecimento, por meio de cartão *kanban*, contentor vazio ou sinalização eletrônica (*Andon Wireless*).

¹² Uma família é constituída de um conjunto de variações de um mesmo tipo de item componente, inclusive opcionais, para atender diferentes modelos em produção. Como exemplo, pode-se citar uma família de motores que variam por tipo de combustível (Álcool, Gasolina, Multi-combustível) ou por capacidade (1,0 litro e 1,8 litro).

- área média de 4,2 m² para cada contentor de itens componentes maiores;
- média de 4 itens diferentes por contentor para o método de abastecimento Mixado.

Com base nestes parâmetros, a área necessária para dispor todos os itens componentes necessários à montagem dos modelos de veículos produzidos na Planta SJC foi calculada e os valores obtidos são apresentados na Tabela 3.2, juntamente com os dados de área disponível nos 3 períodos considerados neste estudo.

Tabela 3.2 – Comparação entre a área necessária e área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC (elaborada pelo autor)

Período	Quantidade de itens componentes	Classificação dos itens componentes	Área Média para base de cálculo (m ²)	Área Total necessária (m ²)	Área Total disponível para abastecimento na linha (m ²)
Meados de 2001	1.813	Menores	0,35	635	8.000
	950	Maiores (Troca de Contentores)	4,2 x 2	7.980	
	125 (20 famílias)	Maiores (Seqüenciado)	4,2 x 2	168	
	416 (104 famílias)	Maiores (Mixado)	4,2	437	
				9.220	
Início de 2002	1.416	Menores	0,35	496	7.400
	315	Maiores (Troca de Contentores)	4,2 x 2	2.646	
	249 (42 famílias)	Maiores (Seqüenciado)	4,2 x 2	353	
	534	Maiores (<i>Andon Wireless</i>)	4,2	2.243	
				5.738	
Meados de 2002	1.905	Menores	0,35	667	7.400
	180	Maiores (Troca de Contentores)	4,2 x 2	1.512	
	364 (61 famílias)	Maiores (Seqüenciado)	4,2 x 2	512	
	997	Maiores (<i>Andon Wireless</i>)	4,2	4.187	
				6.878	

Portanto, em 2001 ocorria uma necessidade de área adicional de 1.220 m² na linha de montagem da Planta SJC. Essa situação causou muitos transtornos, no que diz

respeito ao abastecimento da linha. Chegaram a ocorrer situações em que contentores ficaram alocados improvisadamente nos corredores, fazendo com que os operadores da linha tivessem que percorrer grandes distâncias para alcançar os itens componentes. Além disso, tal situação aumentou os riscos de acidentes, devido ao trânsito interno de rebocadores e empilhadeiras.

Isso motivou a formação de vários grupos de funcionários para realizar sessões de *brainstorming* ou elaborar propostas para o processo de melhoria contínua (*kaizen*), a fim de tentar resolver o problema em questão.

Claramente, grande parte das necessidades de área para abastecimento se devia à existência de elevada quantidade de itens componentes maiores que, sendo abastecidos pelo método da Troca de Contentores, requeria cerca de 7.980 m² para a alocação de seus contentores, ou seja, 86,6% do total de área necessária. Tal necessidade de área devia-se não apenas ao fato dos itens componentes em questão requererem contentores de grande porte, mas também porque o método de Troca de Contentores requer dois contentores junto ao ponto de uso.

Uma alternativa de solução para o problema de falta de área na linha de montagem enfrentado em 2001 poderia ter sido a substituição do método de abastecimento por Troca de Contentores, até então adotado para os 950 itens componentes maiores, pelo método *Andon Wireless*, caso os investimentos para sua operacionalização já tivessem sido implementados.

Tal mudança teria possibilitado a liberação do espaço para o segundo contentor no ponto de uso desses componentes e, com 950 locações a menos na linha de montagem¹³, haveria uma disponibilização imediata de 3.990 m², ou seja, 2.770 m² além da necessidade.

¹³ Considerando que cada contentor requer em média 4,2 m² de área.

3.1 Melhorias proporcionadas pelo método de abastecimento *Andon Wireless*

Quando novos sistemas são contemplados, é importante minimizar o investimento requerido. De acordo com Slack (1992), a maioria das companhias deveria considerar a utilização da tecnologia de comunicação para simplificar todos os processos de controle da empresa.

Os pedidos de fabricação, os pedidos de reposição de estoque e a documentação decorrente (seja em papel ou na tela do computador) podem ser eliminados através de um sistema de comunicação *wireless*, ou até mesmo por meio de cartões *kanban*, desonerando o trabalho tradicionalmente atribuído aos departamentos de controle da produção e ao pessoal responsável pela recepção, controle e expedição dos pedidos. Com a utilização da comunicação por radiofrequência no abastecimento de itens componentes na linha de montagem, consegue-se simplificar os procedimentos cíclicos de contagem, devido ao monitoramento permanente dos níveis de estoque.

O método de abastecimento por cartões *kanban* é simples e fácil de usar com as fontes locais de suprimento, sobretudo quando o usuário que necessita dos itens componentes em questão conta com operadores de abastecimento circulando com frequência entre os pontos de uso e de estoque. Entretanto, se estes pontos distam bastante entre si, o método *Andon Wireless* apresenta-se como uma nova alternativa mais adequada.

Quando o contentor tende a ficar vazio, a tecnologia de comunicação *wireless* permite transmitir a necessidade de reabastecimento eletronicamente e por radiofrequência para o encarregado da movimentação de materiais. Trata-se, portanto, de um meio de comunicação ideal em fábricas de grandes dimensões, por diminuir o tempo de resposta no reabastecimento de itens componentes.

A tendência de proliferação de itens componentes para montagem seriada de veículos implica em falta de espaço junto à linha de montagem. Neste contexto, uma restrição

dos tradicionais métodos visuais de abastecimento está na necessidade de se manter pelo menos dois contentores no ponto de uso. Além disso, tais métodos são muito sensíveis a variações de volumes de produção e exigem especificação de rotas de abastecimento.

A constante preocupação em se utilizar conceitos de manufatura enxuta levou a GMB a evitar a utilização do sistema de Troca de Contentores para casos de itens componentes maiores.

Na Figura 3.1 pode-se observar que antes da implementação do novo sistema 64% dos itens componentes maiores estavam naquela situação. Em contrapartida, na nova situação, a introdução do método *Andon Wireless* possibilitou reduzir este percentual para 12%.

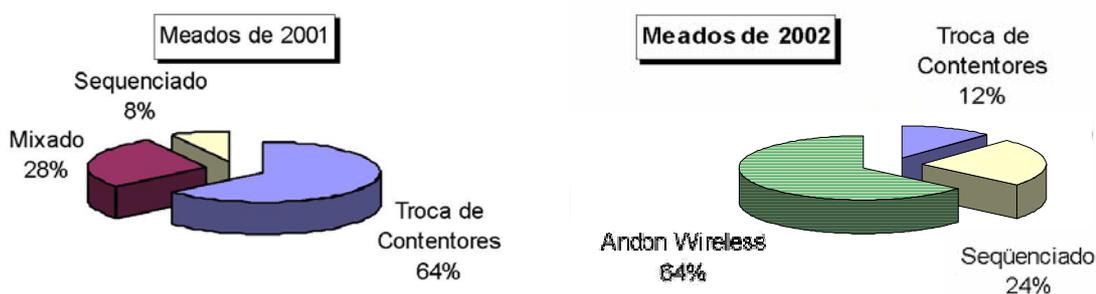


Figura 3.1 – Gráfico comparativo das situações pré e pós-implementação do método *Andon Wireless*

A opção pela adoção do método *Andon Wireless* pode proporcionar vantagens em termos de flexibilidade no aproveitamento dos recursos investidos nas diferentes etapas da vida de um produto, conforme é descrito a seguir:

- no decorrer de seu ciclo produtivo, oferece a possibilidade permanente de aplicar a melhoria contínua (*kaizen*) através de atualizações de *softwares* e *hardwares*;
- no fim do ciclo do produto, permite que antigas células de montagem sejam livremente relocadas para permitir obras de novas instalações;

- no início do ciclo de um novo produto, viabiliza o conceito de *reuse*, ou seja, de reutilização dos sistemas e equipamentos de projetos antigos em projetos sucessores. O *reuse* reduz as necessidades de investimentos em novos projetos e reduz gastos reservados ao *setup* ou *upgrade*.

Outras vantagens que a implementação do método *Andon Wireless* proporciona são:

- gráficos de gerenciamento das atividades departamentais, que permitem fácil rebalanceamento das rotas de abastecimento, em função de alterações no *mix* de produção;
- racionalização do uso dos recursos de abastecimento, através do direcionamento das solicitações segundo regras programáveis de acionamento dos operadores de abastecimento, como por exemplo:
 - seqüenciar os pedidos obedece a uma ordem aleatória, ou;
 - distribuir os pedidos numa ordem pré-estabelecida (rebocador 1, rebocador 2, rebocador 3 etc), ou;
 - direcionar os pedidos para o rebocador livre, ou;
 - direcionar os pedidos de um determinado grupo de itens componentes sempre para a responsabilidade de um mesmo rebocador.
- velocidade de resposta mais rápida no abastecimento (JIT) e a conseqüente redução do tempo de resposta e do nível de estoque em processo;
- viabilização da configuração e do gerenciamento do sistema (inclusão, exclusão ou alteração de itens componentes) de maneira fácil e *on-line*;
- excelente controle visual;
- facilidade de combinação com outros métodos de abastecimento;
- flexibilidade para realização de melhorias contínuas no *layout* da planta, devido ao fato dos *scanners* serem dispositivos portáteis que utilizam tecnologia *wireless*, ao contrário de botoeiras ou sensores ligados fisicamente a cabeamentos fixos.

Concluiu-se assim que, além da viabilidade técnica, havia justificativas suficientes do ponto de vista funcional para se investir na aplicação da nova tecnologia na Planta

SJC e dotar a mesma com o método *Andon Wireless*. Faltava, porém, uma avaliação crítica do ponto de vista econômico-financeiro que justificasse esse investimento, a qual será discutida na seção seguinte.

3.2 Metodologia de análise de viabilidade econômico-financeira

Casarotto; Kopittke (2000) observam que quando ocorre a necessidade de um novo investimento, uma empresa deve fazer uma análise de viabilidade do mesmo, mas que nem sempre ela faz escolhas e toma decisões considerando adequadamente o custo do capital empregado. Somente um estudo econômico-financeiro bem fundamentado pode endossar a viabilidade de projetos que do ponto de vista técnico sejam corretos.

Hummel; Taschner (1995) definem a Engenharia Econômica como um conjunto de técnicas que permitem a comparação dos resultados de tomadas de decisão referentes a alternativas diferentes, de forma científica. Nesta comparação, as diferenças que marcam as alternativas devem ser expressas tanto quanto possível em termos quantitativos.

As alternativas, normalmente, são denominadas alternativas de investimento, pois exigem sempre a inversão de capital. A alternativa mais econômica deve ser sempre escolhida após a verificação de que todas as variáveis relevantes que influem no sistema foram estudadas. No entanto, é também preciso lembrar que existem critérios intangíveis que geralmente são analisados e avaliados pela alta administração da empresa.

3.2.1 Conceito de equivalência entre as alternativas

Segundo Hummel e Taschner (1995), o conceito da equivalência é essencial em todas as abordagens válidas aos problemas de Engenharia Econômica, ou seja, em certas condições específicas, um fluxo de dinheiro pode ser equivalente a outro fluxo diferente.

Pode-se dizer, portanto, que as séries são equivalentes quando:

- a) existem ao menos duas séries diferentes de pagamentos;
- b) todas as séries de pagamentos futuros pagam o total presente a uma mesma taxa de juro.

Dessa forma, uma empresa pode escolher qualquer entre várias séries de pagamento futuros, em troca do valor presente que ela deseja investir, se existir equivalência entre aquelas séries de pagamentos.

Este conceito é fundamental, pois toda a teoria da Engenharia Econômica envolve a transformação das séries de pagamentos em séries equivalentes de alternativas, de forma a possibilitar a real comparação de dois ou mais investimentos realizados.

3.2.2 Métodos equivalentes para comparação de alternativas

Numa análise de um investimento abrangente, conforme a orientação de Casarotto; Kopittke (2000), os seguintes critérios de avaliação devem ser contemplados:

- critérios econômicos: rentabilidade do investimento;
- critérios financeiros: disponibilidade de recursos;
- critérios imponderáveis: fatores não conversíveis em dinheiro.

A viabilidade econômico-financeira, segundo os mesmos autores, pode ser determinada basicamente através dos métodos relacionados a seguir, os quais são equivalentes e conduzem à mesma conclusão:

- Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)¹⁴;
- Método do Valor Presente Líquido (VPL);

¹⁴ O método do Valor Anual Uniforme Equivalente recebe diferentes denominações, dadas por diversos autores. Hummel e Taschner (1995) o chamam de método do Custo Anual. No entanto, Fleischer (1973) utiliza o nome de método do Benefício Líquido Anual.

- Método da Taxa Interna de Retorno (TIR).

O método VAUE consiste em achar as séries uniformes anuais (A) das alternativas, equivalentes aos fluxos de caixa dos investimentos à Taxa Mínima de Atratividade (TMA), ou seja, acham-se as séries uniformes equivalentes a todas as despesas e receitas, ou investimentos e retornos, para as alternativas em estudo, utilizando-se a TMA.

A TMA é a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco que o investimento feito deve, no mínimo, render. Ou seja, ao se fazer uma análise de investimento, deve ser considerado o fato de se estar perdendo a oportunidade de auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos. Para uma empresa, a determinação da TMA é complexa e depende do prazo e importância estratégica do investimento.

Uma vez determinados os custos anuais, a simples comparação dos mesmos permite a escolha da alternativa mais econômica. Ressalta-se que, embora o método se chame VAUE, pode-se escolher outro período diferente de “ano” para efetuar a comparação (Hummel; Taschner, 1995).

Vale ressaltar também que, para poder comparar alternativas, elas devem ser homogêneas quanto à sua duração. Dessa forma, pode-se dividir este método em dois casos separadamente:

- alternativas com mesma vida econômica;
- alternativas com vidas econômicas diferentes.

No caso do estudo de viabilidade do investimento na implantação do método *Andon Wireless*, adotou-se a TMA de 20% ao ano, considerada pela área de finanças da GMB como uma taxa de juros satisfatória e equivalente às aplicações convencionais correntes da empresa no Brasil.

O método do VPL é semelhante ao VAUE, mas tem como característica essencial a análise de diversas alternativas, considerando-se, para efeito de comparação, o valor presente (P) equivalente a cada um dos fluxos de caixa representativos das alternativas em análise.

O valor presente de um investimento é um valor único, equivalente ao fluxo de caixa deste investimento, colocado em uma data arbitrária de referência. Nos cálculos para obter o valor presente deve-se usar a TMA.

Como no caso do custo anual, o método do valor presente deve ser subdividido em dois casos:

- alternativas com vidas econômicas iguais;
- alternativas com vidas econômicas diferentes.

Já o método da TIR requer o cálculo da taxa de juros para o qual o valor presente dos recebimentos resultantes do projeto é exatamente igual ao valor presente dos desembolsos.

Esta abordagem exige, como as anteriores, a descrição de cada alternativa de investimento em termos dos custos e rendas a ele associados, levando-se em conta os momentos em que ocorrem esses eventos.

Uma comparação organizada das taxas de retorno, calculadas com a taxa de retorno mínima fixada pela empresa, permite identificar a alternativa mais econômica. Para efeito de comparação de alternativas pelo método da TIR, deve-se ter sempre o mesmo valor de investimento a ser aplicado em todas as alternativas. Os investimentos com TIR maior que a TMA são considerados como alternativas rentáveis e são passíveis de análise.

Na aplicação de qualquer um desses três métodos básicos, cálculos necessitam ser realizados com valores de caixa (valores monetários) em datas diferentes, que

constituem o fluxo de caixa estimado do projeto. O fluxo de caixa de um projeto é definido pela representação gráfica das receitas e despesas envolvidas (ou retornos e investimento), conforme mostrado na Figura 3.2 (Casarotto; Kopittke, 2000).

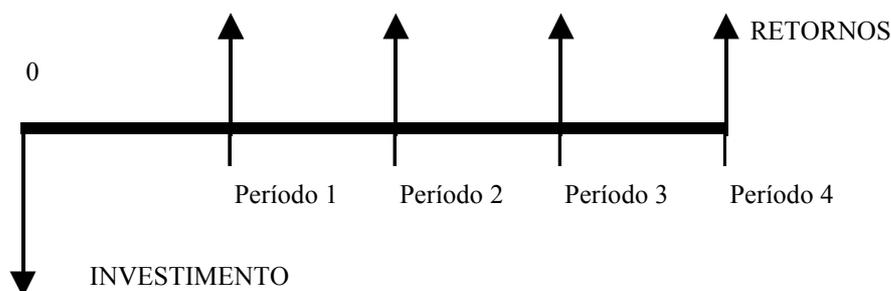


Figura 3.2 - Fluxo de Caixa Simples (Fonte: Casarotto; Kopittke, 2000).

Nesta convenção os retornos são representados por flechas voltadas para cima, enquanto as despesas ou custos são representados por flechas voltadas para baixo.

Em relação ao investimento, Miranda (1999) informa que o investimento fixo inclui dispêndios com terrenos, edificações, instalações (inclui custo de mão-de-obra) e equipamentos, despesas de estudos e projetos e despesas de treinamento. É a soma das despesas necessárias para a colocação de um projeto em funcionamento.

Não é objetivo do presente trabalho aprofundar-se nas definições de investimento, custo, despesa e depreciação. Porém, qualquer um dos métodos mencionados deve considerá-los na realização dos cálculos necessários.

Neste estudo serão chamados de custos logísticos o que a teoria da contabilidade segregava em custos e despesas, onde os custos são gastos relacionados aos sacrifícios ocorridos nos processos produtivos e as despesas são gastos incorridos no esforço de obter receitas.

Os custos logísticos, segundo Faria (2003), são definidos como “os custos de planejar, implementar e controlar todo o inventário de entrada (*inbound*) e de saída (*outbound*), desde o ponto de origem até o ponto de consumo”.

Quanto ao relacionamento com o objeto do sistema operacional logístico (veículo industrial, manutenção, mão-de-obra, administração), segundo Faria (2003), os custos podem ser classificados em:

- Diretos – aqueles que podem ser diretamente apropriados a cada tipo de objeto, no momento de sua ocorrência. Podem ser subdivididos em:
 - Custos fixos – representam custos cujo valor monetário independe da variação do volume de uma atividade no período de tempo selecionado para análise (Ex: manutenção de equipamentos, encargos administrativos);
 - Custos variáveis – estes custos têm estreita relação com o volume de uma atividade, no período de tempo selecionado para análise (Ex: custos da mão-de-obra direta e seus encargos sociais, combustíveis);
- Indiretos – são os que não se podem apropriar diretamente a cada tipo de objeto, no momento de sua ocorrência (Ex: espaço ocupado por um contentor, despesas de parada por problemas com algum veículo industrial, treinamento de pessoal, horas extras requeridas para recuperar a produção);

O valor residual do equipamento, segundo Moura (1983), também precisa ser definido e corresponde à quantia que poderá ser apurada quando o equipamento for desativado e que, na maioria dos casos, será o seu valor como sucata de ferro velho.

O valor líquido apurado acaba sendo muito pequeno em relação ao valor de aquisição e instalação, pois as despesas de remoção e venda do equipamento velho devem ser adicionalmente descontadas deste valor residual.

Segundo Casarotto; Kopittke (2000), a depreciação é contabilmente definida como a despesa equivalente à perda de valor de determinado bem, por deterioração ou obsolescência.

De acordo com os mesmos autores, a legislação fiscal adota certos parâmetros, pois na sua falta todos iriam querer depreciar seus bens no menor prazo possível, beneficiando-se o quanto antes dos efeitos fiscais (redução do imposto a pagar). Por isso, a Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal nº 72, de 1984, estabelece que instalações prediais sejam depreciadas linearmente em 25 anos e veículos em cinco anos. No caso de equipamentos eletrônicos, a depreciação, conforme a Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal nº 4, de 1985, é de 5 anos, devido à alta rapidez das inovações tecnológicas que podem torná-los obsoletos em alguns anos.

No entanto, segundo Fleischer (1973), após terem sido definidas todas as quantias monetárias e estimada a vida econômica esperada dos fluxos de caixa das alternativas em estudo, faz-se necessário avaliar tais fluxos em relação à incidência dos impostos sobre a renda. Entretanto, esse procedimento não é necessário nos casos em que apenas uma análise pré-imposto seja esperada. Esses casos surgem ao nível de estudo de projetos, especialmente com relação às alternativas cujos componentes capitalizáveis são relativamente pequenos em comparação a todos os bens capitalizados da empresa.

Para fins do estudo da análise de viabilidade econômico-financeira do método *Andon Wireless*, considerou-se a aplicação do método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE). Entretanto, como esta avaliação limitou-se a dados referentes a um horizonte relativamente curto de 36 meses, no presente estudo optou-se por adotar períodos mensais ao invés de anuais. Portanto, o método VAUE é chamado de VMUE (Valor Mensal Uniforme Equivalente), no estudo sobre a viabilidade econômico-financeira do método *Andon Wireless*.

Vale resgatar que qualquer um dos 3 métodos (VAUE, VPL ou TIR) é equivalente e conduz a soluções idênticas. Porém, como na prática uma empresa periodicamente apura resultados, quer seja mensal ou anualmente, a padronização uniforme dos resultados dos investimentos para valores anuais ou mensais equivalentes torná-los-á

mais palpáveis para uma tomada de decisão ou conclusão da viabilidade de um projeto/sistema (Casarotto; Kopittke, 2000).

3.2.3 Limitações da análise de viabilidade econômico-financeira

A análise elaborada procurou considerar de um modo bem abrangente o caso de investimento que é objeto de estudo, contudo sujeitou-se a certas limitações, as quais são enumeradas a seguir:

1. A primeira limitação diz respeito ao método de análise de viabilidade econômico-financeira que foi adotado, uma vez que é praticamente impossível transpor para o papel todas as considerações e variáveis encontradas no caso real. Portanto, consideraram-se as variáveis mais relevantes do problema objeto de estudo.
2. Assumiu-se que a TMA não variou durante a vida (horizonte) das alternativas.
3. Nas alternativas analisadas pressupôs-se que o fluxo de caixa real final era viável dentro das condições econômicas e financeiras da GMB.
4. Parte dos dados coletados para alimentar o estudo elaborado é primária, ou seja, obtida diretamente na fonte, como por exemplo: valores dos equipamentos de radiofrequência. Já outros dados foram estimados e obtidos indiretamente, como por exemplo: valor do metro quadrado da Planta SJC e custo médio unitário dos itens componentes maiores. Entretanto, todos os dados utilizados neste trabalho são considerados confiáveis.

3.2.4 Critérios de comparação entre as séries equivalentes de alternativas de investimentos consideradas nesta análise

Segundo Hummel e Taschner (1995), quando as alternativas são mutuamente exclusivas, isto é, quando a seleção de um automaticamente impede a seleção de uma ou mais das outras, apenas as diferenças entre as alternativas são relevantes.

Portanto, para fins de comparação de duas séries equivalentes de alternativas, é válida a utilização do conceito de custos e retornos incrementais.

Tal conceito pode ser explicado, considerando-se o exemplo teórico em que, numa alternativa de investimento A, seja necessária a mão-de-obra de quatro operadores para executar o serviço de troca de ferramenta de uma prensa, e numa alternativa B somente dois. Nessa situação, pode-se somente apontar como diferença vantajosa, decorrente do investimento de um sistema de troca rápida de ferramenta feito na alternativa B, o retorno incremental de 2 operadores.

No presente trabalho, as séries equivalentes de alternativas comparadas, são as seguintes:

- a) com investimento em tecnologia de radiofrequência;
- b) sem investimento em tecnologia de radiofrequência.

A alternativa “a” é apresentada e analisada na seção 3.3 e a alternativa “b” na seção 3.4.

Como as duas alternativas têm vidas econômicas diferentes, estabeleceu-se um período de análise comum (no caso de 36 meses) no qual se pudessem projetar os fluxos de caixa adequadamente e recair no caso de avaliação de alternativas com vidas econômicas iguais.

3.3 Análise da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência

3.3.1 Levantamento da configuração física do método *Andon Wireless*

Uma vez definida a opção pela adoção do *Andon Wireless* como método de abastecimento JIT para itens componentes maiores, a Engenharia de Manufatura da

GMB elaborou um planejamento abrangente para a sua implementação, inclusive o reprojeto de *layout* para a instalação da nova linha de montagem da Planta SJC. O novo *layout* inclui além de áreas para estoques e linha de montagem, áreas para disposição de contentores vazios a serem devolvidos a fornecedores, e áreas para circulação dos veículos industriais de abastecimento.

A implantação do método *Andon Wireless* requereu também o detalhamento da disposição física dos itens componentes, tanto nos estoques quanto na linha de montagem, para permitir a identificação dos operadores de produção que deveriam portar *scanners* e veículos industriais que deveriam portar terminais *wireless* denominados *trackers*. Todas as atividades que envolveriam o uso de equipamentos de radiofrequência foram assim previstas no planejamento.

Com base neste projeto do novo *layout*, acompanhado de memoriais técnicos descritivos, a GMB pôde desenvolver uma fonte fornecedora de serviços especializados, bem como um fornecedor de equipamentos *wireless*.

O provedor de serviços juntamente com o fornecedor de equipamentos homologado pela GMB, realizou um trabalho de campo para medição do alcance dos sinais de radiofrequência, para cobertura das áreas de linha de montagem e estoques de itens componentes na Planta SJC. Isso permitiu dimensionar a infra-estrutura básica necessária, em termos de quantidade e localização de *access points*.

A equipe de analistas do provedor de serviços desenvolveu paralelamente um sistema aplicativo para gerenciar o sistema, conforme o modelo operacional definido no memorial técnico descritivo.

Uma vez detalhado o projeto de infra-estrutura do método *Andon Wireless*, as empresas contratadas providenciaram o pacote necessário para sua implantação, constituído de equipamentos eletrônicos, recursos de informática, licenças de *softwares*, equipamentos de tecnologia *wireless* e outros elementos, tais como cabeamentos de dados e de força, e eletrocalhas. Para orientar o serviço de

implantação deste pacote, o projeto de *layout* foi complementado com desenhos para a instalação dos elementos fixos do método *Andon Wireless*, como *access points*, antenas, fontes de alimentação e rede de cabeamento.

Considerando que as inovações tecnológicas incorporadas aos novos modelos de veículos e as mudanças no *mix* de produtos montados numa linha de montagem causam grandes impactos na variedade e quantidade de itens componentes a serem abastecidos, e que a GMB optou pela adoção do método *Andon Wireless* naquela planta para enfrentar possíveis problemas no processo de abastecimento, decidiu-se realizar o estudo de avaliação econômico-financeira desta decisão de investimento, pois ela foi tomada com base em critérios estratégicos e faltava realizar uma análise mais rigorosa quantitativamente.

Assim, na presente seção é apresentado um estudo econômico-financeiro da operação do método *Andon Wireless* no período de janeiro de 2002 até dezembro de 2004, durante o qual foram observadas mudanças significativas na tecnologia dos veículos e no *mix* de produção na Planta SJC.

3.3.2 Situação da linha de montagem da Planta SJC no final de 2004

A Tabela 3.3 mostra a quantidade de itens componentes abastecidos à linha de montagem, os respectivos métodos de abastecimento e uma comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores junto à linha de montagem no final de 2004. É importante salientar que desde a introdução do método *Andon Wireless* no início de 2002, a quantidade de componentes abastecidos por este método cresceu significativamente até atingir 57% dos itens componentes maiores no final de 2004.

Tabela 3.3 – Comparação entre a área necessária e a área disponível para alocação de contentores na linha de montagem da Planta SJC no final de 2004 (elaborada pelo autor)

Período	Quantidade de itens componentes	Classificação dos itens componentes	Área Média para base de cálculo (m ²)	Área Total necessária (m ²)	Área Total disponível para abastecimento na linha (m ²)
Final de 2004	2.084	Menores	0,35	729	7.400
	185	Maiores (Troca de Contentores)	4,2 x 2	1.554	
	569 (agrupados em 91 famílias)	Maiores (Seqüenciado)	4,2 x 2	764	
	1015	Maiores (<i>Andon Wireless</i>)	4,2	4.263	

3.3.3 Investimento total para implementação do método *Andon Wireless*

Uma vez especificada a configuração física do método *Andon Wireless*, foi efetuado o levantamento do investimento total para cobrir as necessidades das operações de abastecimento da linha de montagem da Planta SJC, no início de 2002. Esse investimento total foi definido através de cotações efetuadas pelo Departamento de Compras da GMB, tendo resultado em aproximadamente UM 365.000,00¹⁵. Os valores dos equipamentos, *softwares*, instalações e serviços que compõem este montante são descritos a seguir:

¹⁵ A notação UM será adotada como unidade de medida dos valores monetários apresentados, devido à não autorização da empresa em divulgar os valores realmente apropriados aos investimentos, custos e retornos no método *Andon Wireless*. Entretanto, todos os valores monetários apresentados no presente trabalho foram alterados, mantendo-se uma mesma proporção em relação aos valores reais para que conduzam às mesmas conclusões econômico-financeiras.

Central de Controle do *Andon Wireless*

- Microcomputadores, impressoras e *softwares*----->UM 7.881,00
- Desenvolvimento do *software* de operação -----> UM 8.047,00
- Sub-total-----> UM 15.928,00

Rede Local de Radiofrequência

- Equipamento: conjunto de *access points*-----> UM 2.288,00 por conjunto
- Serviço de instalação¹⁶ e cabeamento-----> UM 4.240,00 por conjunto
Investimento necessário a cada 2.600 m² -----> UM 6.528,00 por conjunto
- A Planta SJC tem uma área de 30.700 m² coberta por 11 *access points*
Sub-total -----> UM 71.808,00

Equipamentos móveis (instalados nos rebocadores)

- *Tracker* + alimentação de força ----->UM 4.777,00 por rebocador
- Instalação de suporte para *tracker*----->UM 400,00 por rebocador
Investimento total por rebocador: ----->UM 5.177,00 por rebocador

Tais equipamentos dependem do volume de produção e da quantidade de itens componentes:

- No início de 2002, a linha de montagem estava equipada com 18 rebocadores.
Sub-total ----->UM 93.186,00

Scanners e acessórios relacionados

- *scanner* + carregador -----> UM 2.432,00 por ponto

¹⁶ Fixação de *access points* às treliças, fixação de eletrocalhas, disposição do cabeamento, ligação de conectores etc.

- Instalação de suporte e alimentação de força----> UM 1.403,00 por ponto
Investimento por ponto com *scanner* -----> UM 3.835,00 por ponto

Cada *scanner* pode gerenciar de 21 a 28 itens, dependendo da disposição e da distância dos contentores.

O projeto de configuração física do método *Andon Wireless* definiu que no início de 2002 seria necessária a instalação de 48 pontos com *scanners* na linha de montagem da Planta SJC, perfazendo um sub-total de UM 184.080,00.

Para uma expansão com este tipo de instalação e equipamento é somente necessária a inclusão de novos *scanners*, sem custo adicional de instalação.

- Valor Residual Estimado (VRE) do investimento

Conforme Casarotto; Kopittke (2000), o valor residual estimado, representado por VRE, é dado por:

$$VRE = T \times (1 + n \times t);$$

onde t é a taxa de depreciação e T é o valor inicial, portanto:

$$t = \left(\frac{VRE}{T} - 1 \right) \times \frac{1}{n} \quad (1)$$

e sendo t sempre menor do que zero, o valor residual (VR) após n meses de depreciação será dado por:

$$VRE_n = T \times (1 + n \times t) \quad (2)$$

Considerando:

N_m = Vida útil do equipamento = 60 meses;

VRE_{60} = Valor residual estimado após 60 meses para revenda de equipamento de informática e eletrônicos, na base de 10% do valor inicial.

O valor inicial do investimento somente em equipamentos eletrônicos e de informática, sem considerar os custos de instalação, foi de UM 298.746,00. Vale ressaltar que o investimento total, incluindo os custos de instalação, foi de UM 365.000,00. Então o VRE_{60} é dado por:

$$VRE_{60} = 0,10 \times T = 0,10 \times 298.746,00 = \mathbf{UM\ 29.874,60}$$

Portanto:

$$t = \left(\frac{29.874,60}{298.746,00} - 1 \right) \times \frac{1}{60}$$

$$t = -0,015 = -1,5\% \text{ ao mês}$$

Assim sendo, o valor residual real após 36 meses é dado por:

$$VRE_{36} = 298.746,00 \times [1 + (36 \times (-0,015))]$$

$$\mathbf{VRE_{36} = UM\ 137.423,16}$$

- Série Mensal Uniforme equivalente ao investimento na implantação do método *Andon Wireless*

Para se calcular o valor residual real presente (P_{VR}), tem-se que:

$$P_{VR} = F_{VR} \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

onde:

F_{VR} = Valor futuro do valor residual

P_{VR} = Valor presente do valor residual

i anual = 20% ao ano (TMA em base anual)

i mensal = 1,53% ao mês

Portanto:

$$P_{VR} = 137.423,16 \times \frac{1}{(1 + 0,0153)^{36}}$$

$$P_{VR} = \text{UM } 79.554,00$$

Assim sendo, a série uniforme mensal (AE), no período considerado de 36 meses, equivalente ao investimento realizado na implantação do método *Andon Wireless*, descontado de seu valor residual, é dado por:

$$AE_{VRn} = (T - P_{VR}) \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

$$AE_{VR36} = (298.746,00 - 79.554,00) \times \frac{0,0153 \times (1 + 0,0153)^{36}}{(1 + 0,0153)^{36} - 1}$$

$$AE_{VR36} = \text{UM } 7.963,96$$

3.3.4 Custo de manutenção

No fluxo de caixa, além dos investimentos realizados pela empresa, conforme indicados na seção 3.3.3, é preciso considerar também custos mensais gerais de manutenção (Mn) do método *Andon Wireless*. Tais custos incluem a mão-de-obra dos prestadores de serviço e a reposição de peças ou aparelhos danificados.

Esse custo de manutenção, segundo informações do Departamento de Compras da GMB, era em média UM 1.667,00 (Mn₁) até o final do ano de 2003. Entretanto, no início de 2004 houve um reajuste de 20% nesse valor, resultando num custo mensal

de UM 2.000,40 (Mn₂). Vale esclarecer que este valor é fixo, conforme negociado em contrato.

Segundo o Departamento de Compras da GMB, desde a implementação do método *Andon Wireless* no início do ano de 2002, não houve mais nenhum investimento adicional em equipamentos, *softwares*, instalações e veículos industriais.

3.3.5 Retornos

Como mostra a Tabela 3.3, no final de 2004, 1015 itens componentes maiores estavam sendo abastecidos na linha de montagem da Planta SJC, através do método *Andon Wireless*.

Neste estudo, dado o objetivo de avaliar do ponto de vista econômico-financeiro os investimentos realizados no método *Andon Wireless*, são calculados os retornos obtidos com a aplicação deste método no abastecimento desses 1015 itens componentes, em comparação ao hipotético abastecimento dos mesmos itens pelo método anterior da Troca de Contentores.

Nesta comparação, tem-se como retorno incremental:

- A não necessidade do inventário (WIP) de 1015 contentores de itens componentes maiores junto à linha de montagem, os quais puderam inclusive ser eliminados do estoque de componentes.

Tabela 3.4 – Custo unitário médio dos itens da amostra¹⁷.

Quantidade de contentores (n _c)	Capacidade média de cada contentor (G)	Custo unitário médio dos itens componentes maiores (H) [UM]
1015	41	20,10

¹⁷ Os cálculos detalhados podem ser analisados no Anexo E.

Observando os valores dados pela Tabela 3.4, tem-se que o custo financeiro devido à manutenção do hipotético inventário adicional (K_{WIP}) que seria necessário junto à linha de montagem da Planta SJC, caso o método *Andon Wireless* não tivesse sido implementado, seria de aproximadamente:

$$K_{WIP} = n_c \times G \times H \times TMA$$

$$K_{WIP} = 1015 \text{ contentores} \times 41 \text{ itens / contentor} \times \text{UM } 20,10 / \text{item} \times 0,0153 / \text{mês}$$

$$K_{WIP} = \text{UM } 12.797,86 / \text{mês}$$

Portanto, houve uma desoneração de cerca de UM 12.797,86 mensais, correspondente ao custo de oportunidade do capital de giro, referente ao inventário que a implementação do método *Andon Wireless* possibilitou eliminar.

3.3.6 Fluxo de caixa da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência

As saídas correspondentes a AE_{VR36} e Mn e as entradas referentes a K_{WIP} , no período considerado de 36 meses, são representadas pelo fluxo de caixa da Figura 3.3.

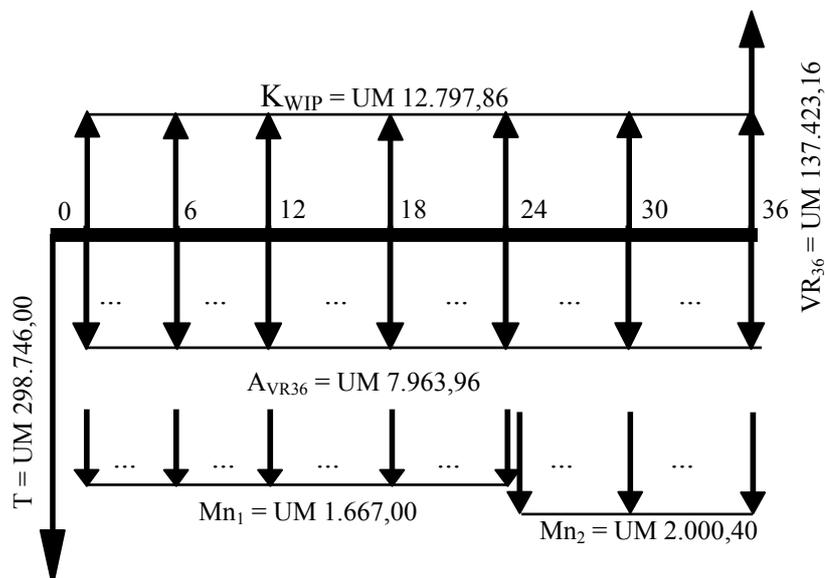


Figura 3.3 - Fluxo de caixa referente a investimentos e manutenção geral do método *Andon Wireless* no período considerado de 36 meses.

3.4 Análise da alternativa sem investimento em tecnologia de radiofrequência

3.4.1 Investimento necessário para expansão predial

O investimento em expansão predial devido à necessidade de área adicional para alocação de contentores de itens componentes maiores, na linha de montagem da Planta SJC, pode ser calculado a partir dos dados da Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Necessidade de área adicional.

Final de 2004					
Classificação dos itens componentes	Área Média para base de cálculo (m ²)	Área Total necessária para abastecimento (m ²)	Área Total Disponível para abastecimento na linha (m ²)	Área adicional (C') necessária para abastecimento (m ²)	Área adicional total (F) necessária para expansão da linha (m ²)
Menores	0,35	729	7.400	4173	6525
Maiores	4,2	10844			

Os cálculos detalhados para a estimação da área adicional total (F) são apresentados no Anexo D.

O custo indireto total (M) para expansão da linha de montagem é de aproximadamente:

$$M = F \times U;$$

onde “U” é o custo de expansão predial por m², considerando a pré-existência do terreno e pavimentação (condições válidas no caso da Planta SJC). Segundo o Departamento Financeiro de Estudos Avançados de Manufatura da GMB, nestas condições adota-se o valor de UM 232/ m² para “U”, donde resulta que:

$$M = 6.525 \text{ m}^2 \times \text{UM } 232,00 / \text{m}^2$$

$$\mathbf{M = UM 1.513.800}$$

- Valor Residual Estimado (VRE) do investimento

Conforme Casarotto; Kopittke (2000), chamando o valor residual estimado de VRE, considerando as equações (1) e (2) definidas na Seção 3.3.3 e ainda baseando-se na Instrução Normativa da Secretaria da Receita Federal nº 72, de 1984, a qual estabelece que instalações prediais sejam depreciadas linearmente em 25 anos, ou seja, 4% ao ano, o que equivale a 0,327% ao mês, resulta que:

$$t = -0,00327 = -0,327 \% \text{ ao mês}$$

Portanto, o valor residual real após 36 meses seria:

$$VR_{36} = 1.513.800 \times [1 + (36 \times (-0,00327))]$$

$$VR_{36} = \text{UM } 1.335.595,46$$

- Série Mensal Uniforme equivalente ao investimento em expansão predial

Para se calcular valor residual real presente, tem-se que:

$$P_{VR} = F_{VR} \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

i anual = 20% ao ano (TMA em base anual)

i mensal = 1,53% ao mês

F_{VR} = valor futuro do valor residual

P_{VR} = valor presente do valor residual

Então:

$$P_{VR} = 1.335.595,46 \times \frac{1}{(1+0,0153)^{36}}$$

$$P_{VR} = \text{UM } 773.173,63$$

Portanto, a série uniforme mensal (AP) equivalente ao investimento em expansão predial, descontado de seu valor residual, seria:

$$AP_{VRn} = (T - P_{VR}) \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$AP_{VR36} = (1.513.800 - 773.173,63) \times \frac{0,0153 \times (1 + 0,0153)^{36}}{(1 + 0,0153)^{36} - 1}$$

$$AP_{VR36} = \text{UM } 26.909,36$$

3.4.2 Custos diretos mensais incrementais

- Necessidade de 2 operadores de abastecimento e conseqüentemente de 2 rotas de abastecimento, no período do início de 2002 até o final de 2004.

Os 2 operadores e 2 rotas de abastecimento foram eliminados com a implementação do método *Andon Wireless*, devido à racionalização dos processos de abastecimento considerados, proporcionando o chamado *Cost Reduction*. Este é um termo utilizado na GMB para designar reduções dos custos que incidem numa operação ou projeto. A redução de recursos necessários para os processos de abastecimento pela realização de investimentos na tecnologia de radiofrequência implica num custo incremental de mesma grandeza na alternativa considerada na presente seção.

É importante ressaltar que o *Cost Reduction* é uma redução efetiva dos custos de uma operação ou projeto, enquanto que o chamado *Investment Avoidance* representa uma redução hipotética avaliada na fase de estudo dos investimentos.

Vale ressaltar que desde o início de 2002 até o final de 2004, ocorreram 3 dissídios, com aumento do salário-base dos operadores nos meses de outubro de 2002, 2003 e 2004. Conseqüentemente, houve variações no custo da mão-de-obra de abastecimento. Assim sendo, o período de 36 meses considerado neste estudo pode ser dividido em 4 períodos distintos, conforme a variação do salário-base, como indica a Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Bases para o cálculo do custo de mão-de-obra de abastecimento. (Fonte: Departamento Pessoal da GMB, 2004)

Número de operadores (n')	Número de turnos (m)	Salário base (S) [UM / h]		Encargos salariais adicionais (e) [%]	Carga horária mensal (T) [h / mês]
2	2	Período 1	6,3	104	220
		Período 2	6,85		
		Período 3	7,40		
		Período 4	8,0		

Os custos da mão-de-obra (MO_i) no período “i” de 2 operadores de abastecimento nestes 4 distintos períodos são calculados a seguir:

- Período 1 (início de 2002 até setembro de 2002):

$$MO_1 = n' \times m \times S \times (1 + e) \times T$$

$$MO_1 = 2 \times 2 \times 6,30 \times 2,04 \times 220$$

$$MO_1 = \text{UM } 11.309,73 / \text{mês}$$

- Período 2 (outubro de 2002 até setembro de 2003):

$$MO_2 = n' \times m \times S \times (1 + e) \times T$$

$$MO_2 = 2 \times 2 \times 6,85 \times 2,04 \times 220$$

$$MO_2 = \text{UM } 12.297,12 / \text{mês}$$

- Período 3 (outubro de 2003 até setembro de 2004):

$$MO_3 = n' \times m \times S \times (1 + e) \times T$$

$$MO_3 = 2 \times 2 \times 7,40 \times 2,04 \times 220$$

$$MO_3 = \text{UM } 13.284,48 / \text{mês}$$

- Período 4 (outubro de 2004 até dezembro de 2004):

$$MO_4 = n' \times m \times S \times (1 + e) \times T$$

$$MO_4 = 2 \times 2 \times 8,00 \times 2,04 \times 220$$

$$MO_4 = \text{UM } 14.361,60 / \text{mês}$$

Portanto, sem o investimento em tecnologia de radiofrequência, seria necessário continuar com este custo direto mensal incremental, referente à mão-de-obra de abastecimento, nos 4 períodos considerados.

- Necessidade da utilização de 2 rebocadores elétricos e conseqüentemente de 2 rotas de abastecimento adicionais, no período do início de 2002 até o final de 2004.

Os 2 rebocadores elétricos e as 2 rotas de abastecimentos deixaram de ser necessários com a implementação do método *Andon Wireless*, devido ao *software* gerenciador do sistema implementado distribuir de forma mais balanceada a carga de trabalho de abastecimento de itens componentes solicitados.

É importante salientar que, com a implementação do método *Andon Wireless*, decidiu-se deixar estes 2 rebocadores elétricos estacionados na oficina mecânica da GMB, em perfeito estado, com a função de veículos reservas numa eventual quebra de algum rebocador em atividade.

Tabela 3.7 – Bases para o cálculo do custo total mensal dos rebocadores (Fonte: Departamento de Manutenção da GMB).

Número de rebocadores (q)	Custo mensal operacional (V)	Custo mensal de manutenção (Z)
2	$670 \times \text{preço do kVA (UM } 0,08224) =$ UM 55,10	UM 134,00

O valor médio de consumo de energia elétrica para carga de baterias é de 670 kVA/mês por rebocador. A Tabela 3.6 fornece os dados considerados para o cálculo do custo variável total mensal RB da utilização de 2 rebocadores, apresentado a seguir:

$$\mathbf{RB} = q \times (V + Z)$$

$$\mathbf{RB} = 2 \times (55,10 + 134,00)$$

$$\mathbf{RB} = \mathbf{UM\ 378,20 / mês}$$

Com a implementação do método *Andon Wireless*, a economia mensal deste valor também proporcionou *Cost Reduction*. Esta diferença será considerada como custo incremental no fluxo de caixa da alternativa de não investir em tecnologia de radiofrequência.

3.4.3 Fluxo de caixa da alternativa sem investimento em tecnologia de radiofrequência

A partir dos valores de AP_{VR} , MO_1 , MO_2 , MO_3 , MO_4 e RB obtidos nas seções anteriores, o fluxo de caixa sem o investimento em tecnologia de radiofrequência no mesmo período de 36 meses pode ser definido conforme a representação gráfica da Figura 3.4.

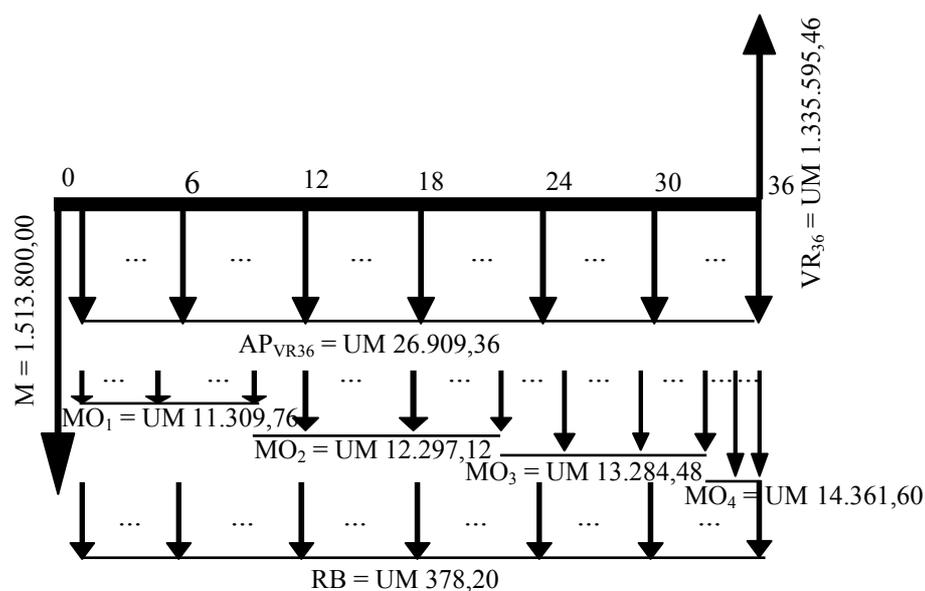


Figura 3.4 - Fluxo de caixa referente à hipotética alternativa de expansão predial devido ao não investimento em tecnologia de radiofrequência no período considerado de 36 meses.

3.5 Comparação das duas alternativas

O fluxo de caixa líquido resultante da Figura 3.3, referente à alternativa que considera a implementação do método *Andon Wireless*, no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2004, é representado graficamente na Figura 3.5.

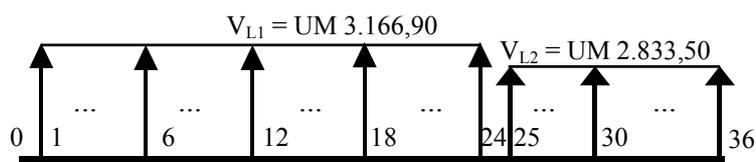


Figura 3.5 - Alternativa 1 - Fluxo de caixa líquido considerando o investimento em tecnologia de radiofrequência.

Na Figura 3.6 é apresentado o fluxo de caixa líquido resultante da Figura 3.4.

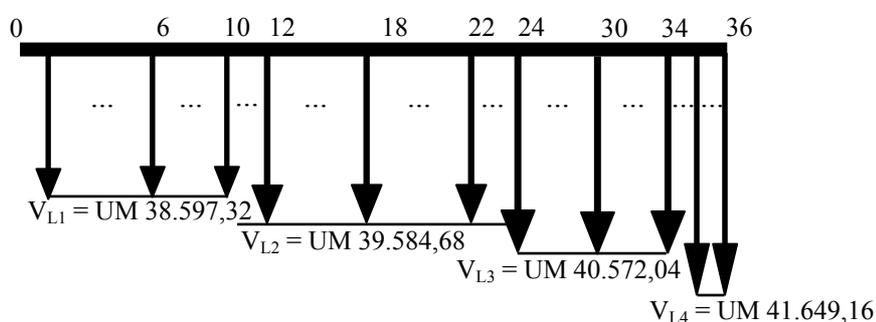


Figura 3.6 - Alternativa 2 - Fluxo de caixa líquido não considerando o investimento em tecnologia de radiofrequência.

3.6 Conclusão da análise da viabilidade econômico-financeira

Da análise da viabilidade econômico-financeira do método *Andon Wireless*, sob o ponto de vista do método VMEU, pode-se concluir que a adoção da tecnologia de radiofrequência trouxe significativos benefícios para a companhia, conforme pode ser comprovado pela comparação dos fluxos das Figuras 3.5 e 3.6. Observa-se que na alternativa 1 tem-se retornos resultantes do investimento realizado, enquanto que na alternativa 2 tem-se somente custos incrementais durante todo o período de 36 meses considerados.

Observa-se que o fato de não haver retornos incrementais na composição do fluxo de caixa da alternativa 2, para compensar o custo incremental de mão-de-obra dedicada ao abastecimento de linhas representado por MO; o investimento em expansão

predial representado pela série uniforme $A_{VR_{36}}$, e o custo incremental de manutenção de dois rebocadores para abastecimento da linha representada por RB, compromete negativamente esta alternativa.

Com o intuito de se comprovar a viabilidade econômico-financeira da alternativa 1, esta foi também avaliada pelo método de cálculo da Taxa Interna de Retorno. Nesta avaliação considerou-se o fluxo de caixa consolidado, incluindo todos os retornos e custos resultantes do investimento realizado na implementação do método *Andon Wireless*, a fim de compará-la à Taxa Mínima de Atratividade adotada pela GMB. As variáveis consideradas neste fluxo de caixa consolidado – investimento inicial, retornos, custos e valor residual – são mostradas na Figura 3.7.

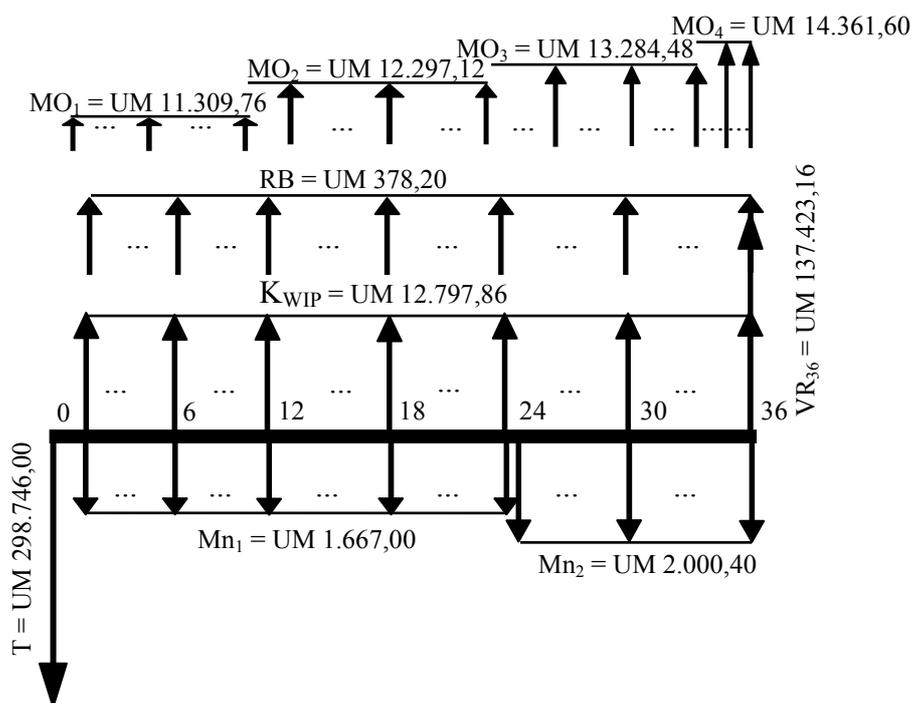


Figura 3.7 - Fluxo de caixa consolidado da alternativa de investimento feito na implementação do método *Andon Wireless* no período considerado de 36 meses.

Pode-se observar que os retornos resultantes da implementação do método *Andon Wireless* no fluxo de caixa consolidado, foram:

- a redução de mão-de-obra dedicada ao abastecimento da linha de montagem, representada por MO_1 a MO_4 ;
- a redução da necessidade de dois rebocadores de abastecimento, representada por RB; e
- a redução do custo de oportunidade sobre o capital de giro referente ao inventário mantido junto à linha, representada por K_{WIP} .

Por outro lado, o único custo gerado foi o de manutenção dos equipamentos comprados representado por Mn_1 a Mn_2 .

O fluxo de caixa líquido considerado para o cálculo da Taxa Interna de Retorno foi obtido de uma planilha eletrônica, construída em *MS - Excel*, conforme mostrada detalhadamente no Anexo F (ver última coluna à direita).

Após a aplicação da função TIR do programa *MS - Excel*, encontrou-se uma Taxa Interna de Retorno Mensal de 8%. Este resultado reforça a avaliação de que o investimento em tecnologia de radiofrequência trouxe grandes benefícios para a GMB nos primeiros 36 meses de operação, haja vista que a Taxa Interna de Retorno mensal calculada foi maior que a Taxa Mínima de Atratividade mensal de 1,53%, adotada pela empresa.

Vale salientar novamente que o estudo de viabilidade econômico-financeira da implantação do método *Andon Wireless* na planta em questão, considera dados referentes aos primeiros 36 meses de seu funcionamento.

Apesar da comprovação da viabilidade técnica e da vantagem econômica do método *Andon Wireless*, pode-se questionar que de nada adiantaria o sistema operacional logístico de Apoio à Manufatura aperfeiçoar seus métodos de abastecimento, se o sistema operacional logístico da Planta SJC continuasse acomodando desperdícios em outras áreas. Isso motiva a ampliação dos limites do estudo além da área de Apoio à Manufatura de modo a abranger também a área de Suprimentos.

4. SISTEMA OPERACIONAL LOGÍSTICO DE SUPRIMENTOS

O sistema operacional logístico de Suprimentos (ver seção 1.1.2) é aquele que atua na solicitação dos itens componentes aos fornecedores externos. Na GMB, esta atividade é assistida por sistemas informatizados de grande porte, que efetuam o gerenciamento virtual dos níveis de estoque, baseados em previsões de demanda de curto prazo.

Este gerenciamento, quando efetuado de forma assíncrona com o sistema operacional de Apoio à Manufatura, pode resultar em faltas ou excessos de material. Portanto, informações “reais” e “virtuais” de níveis de suprimento são cuidadosamente comparadas e ajustadas quando necessário, através de procedimentos estabelecidos.

Este capítulo inicia-se com uma descrição e análise do sistema de gerenciamento de suprimentos na GMB, e apresenta uma oportunidade de melhoria viabilizada pela implementação da tecnologia de radiofrequência na Planta SJC.

4.1 Considerações gerais

A Logística de Abastecimento na GMB tornou-se uma das preocupações-chave no âmbito dos esforços que têm sido realizados, com o objetivo de obter reduções de custos por meio do controle racional de inventário. Diferentes estratégias e técnicas podem ser empregadas neste contexto.

Existem, basicamente, duas abordagens principais para o tratamento desta questão. Uma delas é a do *Material Requirements Planning* (MRP) que foi desenvolvido no ocidente e realiza os cálculos para determinar as quantidades das necessidades de montagens, sub-montagens e materiais necessários para atender o programa de produção ao longo do horizonte de planejamento considerado (Correa e Gianesi, 1993; Slack et al., 1997).

O MRP contém as informações de fabricação necessárias para a previsão das necessidades de materiais de acordo com as informações geradas pelo chamado “Programa Mestre de Produção”. Na GMB, o MRP está inserido num sistema local de suas plantas de montagem de automóveis.

Este sistema local dispõe das informações de demanda de cada item componente, permitindo um acompanhamento da evolução da produção no decorrer do dia e um controle *on line* dos veículos que estão sendo montados, possibilitando a verificação, em qualquer hora do dia, de quais veículos foram montados e se estes já foram finalizados ou ainda estão em processo.

Além disso, o MRP faz a atualização do estoque teórico¹⁸, subtraindo a quantidade exata dos itens componentes montados no decorrer do dia. Vale salientar que o envio de informações sobre os veículos que foram montados ao MRP, só é possível quando o operador de produção faz a leitura, através de um *scanner*, de uma etiqueta colada no veículo produzido. Na Planta SJC, existem cinco pontos de leitura na linha de montagem. O primeiro ponto de leitura encontra-se na saída do Banco de Seletividade¹⁹ e os outros quatro, ao longo da linha de montagem.

A informação de consumo dos itens componentes agregados na unidade é enviada primeiramente a um servidor central, devido ao grande volume de fluxo de informação envolvido nessa operação, e apenas à zero hora do dia seguinte o MRP é atualizado.

Por outro lado, quando é recebido algum item componente na Planta SJC, ou quando é realizado algum ajuste manual de estoque, automaticamente essas informações são registradas afetando o estoque teórico daquele item.

¹⁸ Estoque virtual dos itens componentes, monitorado e controlado pelo sistema MRP.

¹⁹ Estoque de carrocerias já pintadas e dispostas na seqüência correta para entrada na linha de montagem final.

A outra abordagem é a baseada no princípio do “Menor Tempo de Execução” do GMS, conforme já abordado no capítulo 2, que visa eliminar formas de desperdício, como armazenagem de itens componentes em excesso e perdas de produção decorrentes da falta dos mesmos na linha de montagem. Em consonância com este princípio, adota-se na empresa a filosofia *Just-in-Time* (JIT), que se tornou célebre por ser um dos fundamentos que embasam o conhecido Sistema Toyota de Produção. Na operação desta abordagem, o sistema *Kanban* desponta como uma ferramenta que viabiliza a redução do inventário, por apenas solicitar o suprimento e a produção dos itens componentes realmente requeridos, nas quantidades necessárias, e no momento exato, de modo a evitar excessos desnecessários na planta.

Na planta SJC, conforme Figura 4.1, ambas as abordagens são utilizadas de forma integrada. O sistema MRP é adotado para administrar a Logística de Abastecimento, que corresponde ao conjunto de operações associadas ao fluxo de materiais e informações desde a fonte (fornecedores) até a entrada dos mesmos nos estoques de itens componentes mantidos na planta.

Já os métodos de abastecimento do sistema JIT são utilizados para gerenciar a Logística de Produção, que é responsável pela transferência de itens componentes entre estes estoques e os pontos de uso onde serão transformados ou montados de acordo com as necessidades estabelecidas pela produção.

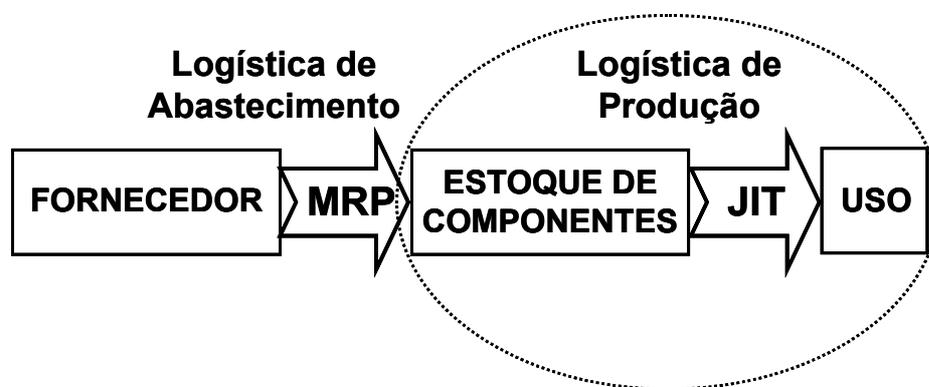


Figura 4.1 – Sistemas de gerenciamento do fluxo de materiais.

Independentemente do sistema adotado, uma preocupação imperativa é a redução de custos, sejam estes causados por excesso de inventário ou por perdas de produção decorrentes da falta de itens componentes. A relação entre estes custos é apresentada na Figura 4.2, onde se pode notar que existe um tipo de custo associado à manutenção de uma quantidade de estoques na empresa e outro associado a perdas de produção devido à falta de itens componentes em estoque. Vale ressaltar que quando se opera com níveis reduzidos de estoques, tal como sugere a Figura 4.2, observa-se uma tendência de aumento dos Custos de Transporte.

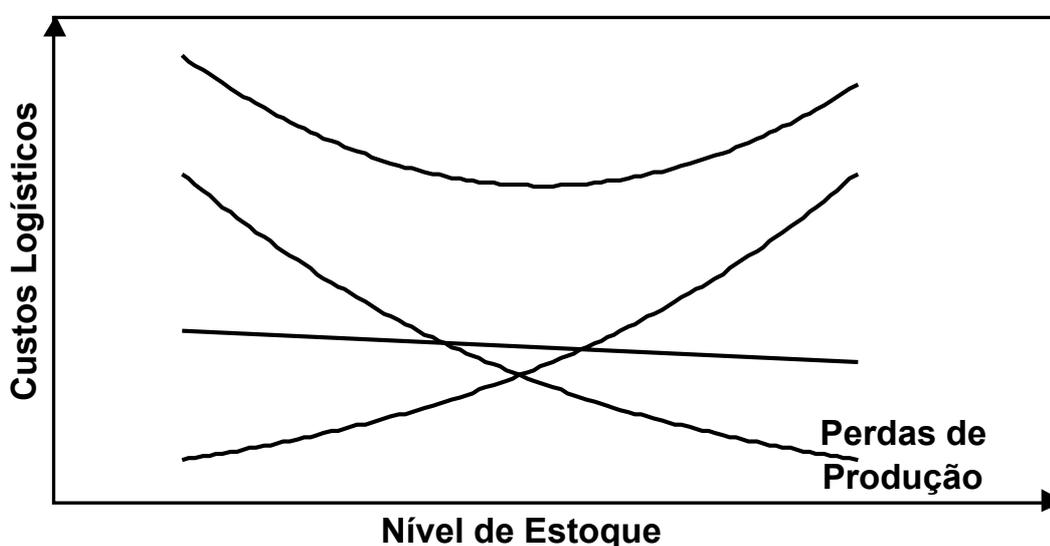


Figura 4.2 – Nível de estoque ótimo (Fonte: adaptada de Ballou, R. H., 2001, p. 66).

Na Figura 4.2, o efeito combinado destes custos é graficamente apresentado pela curva dos Custos Totais e adequa-se bem aos itens componentes maiores comprados de fornecedores externos.

4.2 Gerenciamento do estoque

Neste cenário, o sistema MRP, do ponto de vista da cadeia logística, é utilizado para gerenciar a ligação entre os fornecedores e o estoque de itens componentes mantidos na planta SJC. Por outro lado, o sistema JIT é utilizado para transferir os itens componentes destes estoques até a linha de montagem. Portanto, neste caso, este

estoque constitui o elo de ligação entre dois sistemas distintos de gerenciamento de materiais: MRP e JIT.

Para a administração física do estoque, é empregado um sistema computadorizado que no âmbito deste trabalho é chamado de Gerenciamento Visual de Estoque (GVE). A lógica deste sistema é constituída de um conjunto de algoritmos que são aplicados no cálculo de valores-chave, tais como: estoque de segurança; nível mínimo visual e nível máximo visual de estoque, referentes ao estoque físico de cada item componente produzido por fornecedores.

O GVE calcula estes valores-chaves com base em variáveis da cadeia logística como, por exemplo: demanda média diária; demanda máxima num determinado período; frequência de entrega; capacidade da embalagem utilizada para acondicionar itens componentes; número de horas trabalhadas por dia; tempo necessário para entrega e tempo de manuseio interno.

A Figura 4.3 possibilita visualizar graficamente as relações existentes entre as variáveis consideradas no gerenciamento visual do estoque físico.

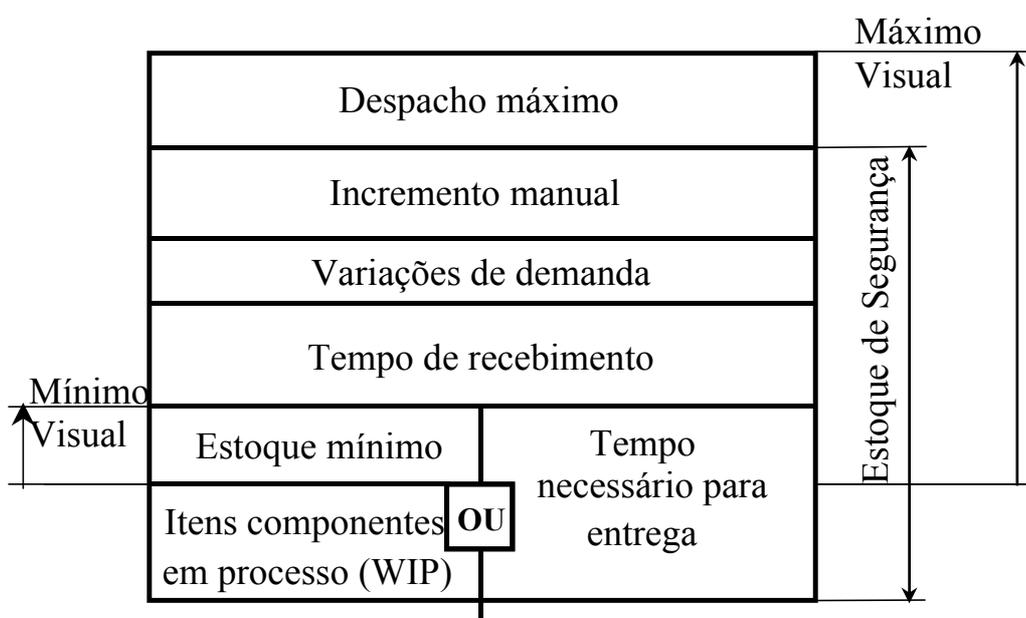


Figura 4.3 – Relações entre variáveis consideradas pelo sistema GVE (Fonte: Adaptada de KIYOHARA, D. et al., 2004).

No dimensionamento dos estoques de itens componentes, a estrutura do GVE considera que o estoque físico consiste de uma hipotética “pilha de camadas”, sendo que cada camada teria uma motivação específica, tal como segue:

- Dar cobertura durante o “tempo necessário para entrega”, constituído pelo tempo de trânsito entre o fornecedor e a planta montadora considerada;
- Dar cobertura durante o “tempo de recebimento” que é aquele gasto para dar entrada à documentação fiscal na portaria da planta montadora, o caminhão transitar da portaria à doca, descarregar as embalagens trazidas pelo caminhão e alocar os itens componentes recebidos no estoque correspondente mantido nesta planta;
- Acomodar as possíveis “variações de demanda” dentro do sistema produtivo, que podem ocorrer devido a perdas de produção, superprodução ou aumentos de demanda no mercado;
- Acomodar ajustes por meio de “incremento manual” que permite correções para casos de fornecedores que possuem peculiaridades específicas ou que estejam passando por períodos de grandes dificuldades, bem como por uma decisão estratégica do grupo responsável pelo fluxo de materiais;
- Acomodar a possibilidade de haver uma entrega pontual um pouco mais elevada, que faça a quantidade de itens componentes atingir o “despacho máximo”. Este pode ocorrer em decorrência de picos de demanda que podem surgir entre uma entrega de itens componentes e a seguinte.

O gerenciamento visual possibilita que alguns problemas de controle de estoque sejam imediatamente notados em ocasiões como as seguintes:

- Quando os níveis de determinados itens acabam excedendo o nível máximo de estoque devido a perdas de produção na montagem de automóveis;
- Quando ocorrem embarques em quantidades excessivas pelos fornecedores;
- Quando o estoque atinge limites inferiores ao mínimo de segurança, seja por motivo de atraso nas entregas do fornecedor ou por discrepância entre quantidade teórica e real dos itens componentes em estoque.

O sistema GVE comunica-se com o sistema MRP, requisitando dados primordiais para a determinação racional de valores para os níveis mínimo e máximo aplicados no gerenciamento visual do estoque de cada item componente, bem como para o cálculo do valor de seu estoque de segurança.

Os valores de estoque de segurança propostos pelo GVE são analisados por um grupo de analistas responsável pelo estoque físico de itens componentes (DEC), o qual verifica possíveis inconsistências e realiza pequenas alterações para adequar o estoque planejado à área física. Após esta análise, os novos valores propostos de estoque de segurança são re-analisados e validados pelo Departamento de Logística de Abastecimento (DLA), levando em consideração as condições dos fornecedores. Na seqüência, o DLA envia as informações de alterações ao Departamento de Operação e Manutenção do GVE (DOM), para inseri-las no sistema de modo a refletir automaticamente no MRP, passando a ser determinante nas programações de entregas dos fornecedores. A Figura 4.4 mostra o fluxo de análise e alteração de informação descrita.

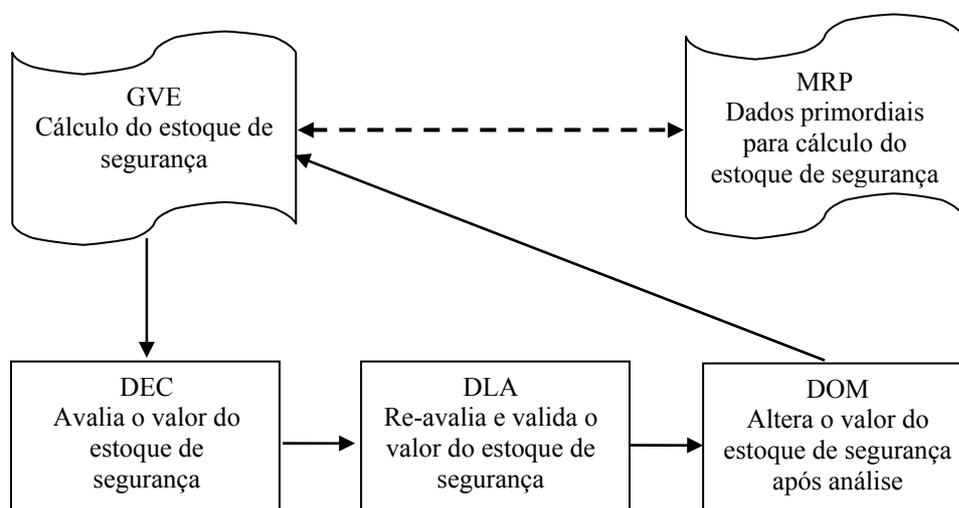


Figura 4.4 – Fluxo da análise do valor do estoque de segurança calculado pelo GVE (Elaborada pelo Autor)

A utilização do MRP é, portanto, notadamente adequada às indústrias de grande porte como as do setor automobilístico, que têm de administrar uma enorme

variedade de itens componentes e encontram nele um meio de suportar procedimentos padronizados.

Caso o valor calculado pelo GVE para o estoque de segurança de um determinado item componente seja reduzido, o MRP trata de reduzir a quantidade de pedido programado para o fornecedor, a fim de manter os estoques enxutos.

Os três departamentos (DOM, DEC, DLA) acessam o sistema MRP e podem realizar consultas referentes aos itens componentes gerenciados. Outros 3 departamentos, responsáveis pela previsão de demanda, pelo sistema de transporte *Milk Run*²⁰ e pela programação da produção, também podem fazer consultas ao MRP. A Figura 4.5 ilustra, além destas relações, todo o fluxo de informações que ocorre no âmbito dos departamentos e sistemas discutidos para o gerenciamento dos estoques de itens componentes mantidos na planta SJC, localizada na cidade aqui identificada como Cidade B.

Conforme indica a Figura 4.5, alguns dos departamentos envolvidos estão situados na Cidade A, fisicamente distantes dos estoques dos itens componentes controlados na Planta SJC. Esta situação pode ocasionar dificuldades de comunicação, que podem levar a eventuais decisões e ações que não impliquem em soluções de menor custo para a empresa.

²⁰ O *Milk Run* é um sistema em que itens componentes são retirados de diferentes fornecedores através de um mesmo operador logístico normalmente contratado pelo comprador (GMB). Segundo Dias; Salerno (1998), esta técnica minimiza a quantidade de estoque de matéria prima, o risco de falta de itens componentes e o custo do transporte.

SJC, por ser capaz de operar com apenas um contentor de cada item componente maior no ponto de uso ao invés de dois, como requeria o método da Troca de Contentores.

Por outro lado, os valores de estoque de segurança e estoque mínimo (mínimo visual) para os itens componentes abastecidos pelo método *Andon Wireless* permaneceram os mesmos de quando eram abastecidos pelo método da Troca de Contentores. Constatou-se, portanto, que não houve somente uma redução de WIP, mas também uma redução no estoque total de itens componentes, equivalente à somatória da capacidade do segundo contentor de cada item que deixou de existir dentro da Planta SJC.

Apesar do sistema logístico de Apoio à Manufatura conseguir reduzir sensivelmente o inventário de itens componentes, através do aperfeiçoamento de seus métodos de abastecimento, oportunidades de reduções ainda maiores certamente existem ao se focar o sistema logístico de Suprimentos e o fluxo de informação entre eles.

A informação é um elemento de vital importância nas operações logísticas e com as novas possibilidades oferecidas pelas tecnologias de informação, ela pode agregar vantagens significativas à estratégia de operações logísticas. A transferência e o gerenciamento eletrônico das informações permitem à empresa reduzir seus custos mediante melhor coordenação.

Segundo Fleury (2000), três razões justificam a importância de informações rápidas e precisas para sistemas logísticos eficazes. Em primeiro lugar, os fornecedores percebem que informações sobre a situação do pedido, disponibilidade de produtos, programação de entrega e faturas são elementos valiosos de conhecimento. A segunda razão relaciona-se à meta de redução de estoques na cadeia de suprimentos. Com a utilização da informação, as empresas percebem que podem reduzir de forma eficaz as necessidades de estoques e recursos humanos. Em especial, o planejamento das necessidades de materiais que utiliza informações mais recentes possibilita reduzir os estoques ao minimizar as incertezas em torno da demanda. Finalmente, a

informação aumenta a flexibilidade operacional ao permitir identificar que recursos e como podem ser utilizados para se obter uma vantagem estratégica.

Dessa forma, as empresas estão descobrindo que através da informação podem conseguir benefícios consideráveis, e percebem que seu gerenciamento eficaz é essencial para a sobrevivência no mercado atual.

Na seção 4.2 foi apresentada uma visão ampla de como é o fluxo de informações entre os departamentos envolvidos na Logística de Abastecimento. Entretanto, para que este fluxo possa ser racionalizado na busca de maior confiabilidade do sistema, maior velocidade da informação e, conseqüentemente, menor nível de estoque de itens componentes (*Short Lead Time*²¹), é necessário um detalhamento maior do fluxo dessas informações.

4.4 Logística detalhada de abastecimento de um item componente na linha de montagem

O grupo responsável pela previsão da demanda de veículos, baseada nas informações do mercado, alimenta o departamento responsável pelo Programa Mestre de Produção. Este, por sua vez, realiza um pré-seqüenciamento das unidades a serem produzidas e envia estes pedidos para o departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP) da Planta SJC, disponibilizando estas informações no sistema MRP.

Com base nas informações de pré-seqüenciamento das unidades, inseridas no MRP, já é possível visualizar um *forecast* (previsão) de produção, o qual é utilizado como base para elaborar a programação de médio prazo (20 semanas) que é enviada aos fornecedores. Dessa forma, o PCP tem condições de realizar uma programação da produção mais detalhada, checando se todas as restrições da Planta SJC foram respeitadas e, quando necessário, realiza alterações a fim de adequar esta programação a algumas peculiaridades pontuais.

²¹ Conforme apresentado na seção 2.1.1, este é um dos princípios do GMS que preconiza a redução dos níveis de estoque e de inventário na linha de montagem.

Os fornecedores recebem, portanto, em todos inícios de semana, a informação da programação de entrega de itens componentes, via EDI ²² (*Electronic Data Interchange*). Esta se divide em duas; a primeira se refere à programação das duas próximas semanas, que são fixas e não devem variar, e a segunda informação cobre um horizonte de 20 semanas, dando uma idéia do *forecast* e estando sujeito a alterações. Ou seja, a GMB se compromete a não alterar as duas primeiras semanas de programação da produção, entretanto, os dados referentes à terceira semana e às seguintes podem ser alterados, admitindo que haja tempo hábil para os fornecedores se ajustarem às mudanças.

As informações do MRP são então inseridas no GVE pelo departamento responsável pela sua operação e manutenção (DOM), gerando propostas de estoque de segurança para cada item componente comprado de fornecedores externos, considerando como base um horizonte de 1 mês de produção.

A GMB classifica financeiramente os itens componentes com base na análise da Curva ABC²³. Seguindo esta classificação, o GVE considera como padrão para o estabelecimento do estoque de segurança, a quantidade correspondente a 1,4 dia de

²² Segundo Novaes (2001), o EDI (*Electronic Data Interchange*) é uma forma de troca automática de informação estruturada entre empresas. A informação deve estar estruturada, é processada e não há nenhuma intervenção humana nesse processo. Esta tecnologia permite trocas de informação diretamente de computadores para computadores, dispensando digitação e manipulação de dados e permitindo automatizar documentos como ordens de compras, faturas, notas fiscais etc, transmitidos e recebidos eletronicamente, independentemente de horários, distância e dos sistemas de computação utilizados.

²³ Segundo Ross et al. (2002), a construção de uma curva ABC, para a distribuição das peças estocadas, segue a lógica da análise de Pareto de identificar qual pequeno grupo de todos os itens componentes é responsável por uma grande proporção do estoque em termos de valor. Da análise da curva ABC, pode-se identificar os itens componentes tipo A, que são os que têm maior peso em termos financeiros, os C, que são aqueles com baixo impacto financeiro e os itens B, que se enquadram numa situação intermediária.

produção para os itens componentes comprados, classificados como tipo A ou B e 3 dias para itens componentes classificados como tipo C.

Os valores dos estoques de segurança, apresentados em número de dias que poderiam suprir a linha de montagem a fim de atender a previsão de produção, são pré-estabelecidos de modo a minimizá-los para os itens componentes de maior custo e admitir mais dias de estoque para aqueles de menor custo.

O departamento responsável pelo estoque de itens componentes (DEC) analisa os estoques de segurança propostos e, juntamente com o DLA, validam tais valores ou propõem alguma alteração. Neste caso, comunicam o DOM para implementá-la no GVE. Isso se reflete automaticamente no MRP.

O DEC controla visualmente o estoque físico dos itens componentes comprados, através de um cartão de disparo. Este cartão é fixado no contentor que representa fisicamente o Mínimo Visual calculado pelo GVE. Os contentores são empilhados no estoque e para cada item componente existe uma locação cativa. Conforme ocorre a solicitação de itens componentes pela produção, os contentores são retirados do estoque pelo operador de abastecimento e transferidos para os respectivos pontos de uso na linha de montagem (ver passo 1 na Figura 4.6).

No momento em que o contentor referente ao mínimo visual é retirado do estoque e enviado para a linha de montagem, o operador de abastecimento retira o cartão e o deposita em um alojamento próximo ao responsável pelo controle do estoque no DEC (ver passos 2,3 e 4 na Figura 4.6).

Em cada turno de trabalho, um estoquista (funcionário do DEC) ciclicamente passa por este alojamento, na frequência de duas em duas horas, e verifica os cartões disparados, entregando-os para o responsável pelo controle do estoque. Pela lógica do sistema, espera-se que o cartão seja disparado perto do momento em que deve ocorrer a próxima entrega pelo fornecedor do item componente em questão, sendo assim, o responsável pelo estoque verifica no sistema MRP se o fornecedor já enviou

material conforme a programação. Este processo é possível, pois a GM trabalha com a informação de Notificação de Embarque (NE)²⁴, que possibilita verificar se o fornecedor despachou o material da sua fábrica (ver passo 5 e 6 na Figura 4.6).

Caso não exista a NE correspondente no sistema, a situação já pode ser considerada crítica, com possibilidade de parada da linha de montagem por falta desse item componente se, de fato, não chegar material na planta antes que o estoque de segurança se esgote²⁵.

O responsável pelo controle do estoque, após verificar a existência da NE, requisita ao estoquista que verifique visualmente *in loco* a quantidade do item componente em questão no estoque e obtém, por meio do MRP, a necessidade requerida pelo programa de produção até a próxima entrega prevista pelo fornecedor. Vale lembrar que a atualização dos dados do estoque teórico no MRP é feita à zero hora do dia seguinte e por isso a contagem do estoque remanescente nesse momento precisa ser feita fisicamente (ver passos 7, 8 e 9 na Figura 4.6).

Outro detalhe que deve ser ressaltado é o fato do estoque de itens componentes abastecidos pelo método *Andon Wireless* não ser centralizado. Portanto, quando o estoquista é requisitado para fazer a contagem física do estoque remanescente de um dado item componente, levam-se em média 10 minutos para que ele localize a sua locação, faça a contagem e informe o responsável pelo DEC.

Caso se constate que a não existência da NE implica realmente no risco de parada da linha de montagem por falta do item componente em questão, o responsável pelo controle do estoque (DEC) entra em contato com o departamento que gerencia a programação dos fornecedores (DLA) e avisa o seu responsável. Este, por sua vez, entra em contato com o fornecedor, urgentemente, para verificar a previsão de

²⁴ A NE é uma informação recebida no sistema MRP, via *EDI*, no momento em que o fornecedor emite a nota fiscal de embarque de um item componente enviado à Planta SJC.

²⁵ Observar que o estoque de segurança inclui a quantidade do item componente em processo (WIP), conforme figura 4.3.

despacho ou entrega dos componentes que correm o risco de se esgotar, os motivos do atraso e ainda possíveis ações corretivas (ver passos 10 e 11 na Figura 4.6).

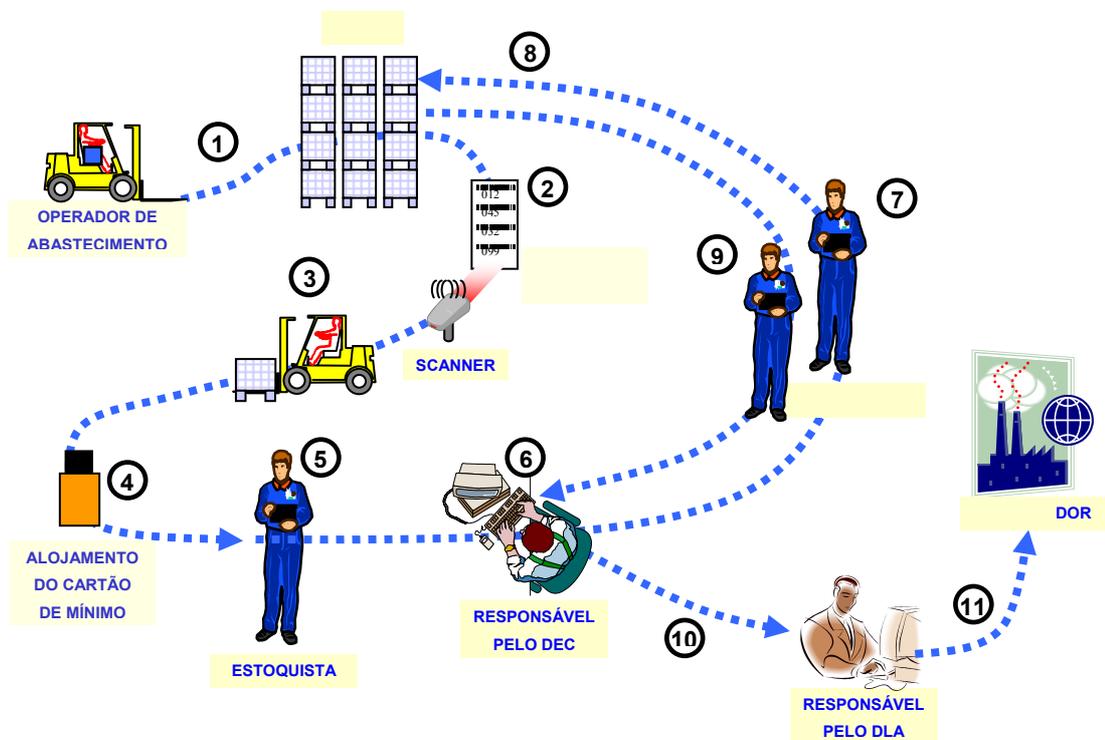


Figura 4.6 – Sequência operacional do disparo do cartão de mínimo visual (Elaborada pelo autor).

Pela lógica do sistema de cartão do Mínimo Visual de um item componente, o seu disparo deve ocorrer perto do momento da próxima entrega pelo fornecedor. Entretanto, esta lógica pode não prevalecer por vários motivos, tais como:

- Aumento na demanda de mercado;
- Aumento no tempo de recebimento, por exemplo, devido a problemas burocráticos com notas fiscais;
- Superprodução de veículos na linha de montagem;
- Problema no processo produtivo do fornecedor, que o impossibilita a cumprir a programação de entregas.

Quando um ou mais dos motivos citados ocorrem, são grandes as possibilidades de falta de itens componentes na planta SJC e conseqüentemente de uma parada da linha de montagem, caso o responsável pelo Controle do Estoque não perceba com rapidez a gravidade da situação e avise com urgência o responsável do Departamento de Logística de Abastecimento para contatar com o fornecedor e exigir ações imediatas.

Em vista disso, como já mencionado na seção 4.3, é primordial buscar uma maior integração entre o Sistema Operacional Logístico de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos na GMB, visando racionalizar e melhorar a confiabilidade do sistema de comunicação entre o DEC, DLA e fornecedores. Tal iniciativa pode trazer um significativo aumento na velocidade do fluxo de informação entre as partes envolvidas e reduzir o risco de parada de linha por falta de itens componentes no estoque.

4.5 Proposta de integração logística entre o sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos

Aproveitando-se toda a infra-estrutura de radiofrequência e *softwares* já instalada na Planta SJC para a implementação do método *Andon Wireless*, o presente trabalho propõe sua integração com o sistema Gerenciador Visual de Estoque (GVE) e o MRP, contando com o serviço do departamento de Tecnologia da Informação da GMB. Esta proposta advém do fato de ainda ocorrer um disparo manual de cartão quando se atinge o mínimo visual de estoque, conforme descrito anteriormente.

Da integração da infra-estrutura de comunicação por radiofrequência com o sistema Gerenciador Visual de Estoque (GVE) e o MRP, seria possível disparar o sinal de que o estoque baixou até o nível do Mínimo Visual automaticamente, sem a necessidade do operador de abastecimento retirar o cartão manualmente e colocá-lo no devido alojamento. Vale lembrar que essa proposta é válida somente para itens componentes maiores comprados de fornecedores externos e transferidos à linha de montagem pelo método *Andon Wireless*.

Lembrando que somente à zero hora de todos os dias, o MRP é atualizado com a situação atualizada da quantidade de estoque de todos os itens componentes na Planta SJC, a primeira providência seria desenvolver um *software* que coletasse informações, no início de cada dia, da quantidade de determinado item componente na planta (estoque + WIP) através do MRP, assim como os dados de Mínimo Visual e capacidade total do seu contentor, através do GVE. Esse *software* poderia ser instalado no próprio *host*.

De posse dessas informações, o *software* executaria o cálculo do quociente da divisão da quantidade de um determinado item componente na Planta SJC, pela capacidade total de seu respectivo contentor, arredondando para o número inteiro imediatamente inferior. Portanto, do resultado obtido, multiplicando-o novamente pela capacidade do contentor, obter-se-ia a quantidade daquele item componente no estoque. Caso o quociente anterior não seja um número inteiro, a parte fracionária corresponde à quantidade de componentes que se encontra junto à linha como WIP.

Na operação rotineira do método *Andon Wireless*, sempre que o operador de abastecimento escaneasse a etiqueta do contentor a ser retirado do estoque, além de enviar a informação de aviso de início do abastecimento ao operador de produção, por radiofrequência, dispararia também, automaticamente por meio desse *software*, um processo de cálculo do nível de estoque remanescente para o item em questão subtraindo a capacidade do contentor da quantidade ainda disponível no estoque e de verificação de eventuais necessidades de reposição com nova entrega do fornecedor.

Caso o resultado encontrado fosse menor ou igual ao valor do Mínimo Visual, o *software* consultaria automaticamente o MRP, a fim de verificar se para o item componente em questão houve algum recebimento na Planta SJC ou despacho de Notificação de Embarque. No caso de uma resposta negativa, o *software* emitiria imediatamente um aviso eletrônico urgente ao DLA, para este entrar em contato com o fornecedor e tomar medidas necessárias para garantir um embarque de emergência à Planta SJC. É importante salientar que, após o estoque baixar até atingir o Mínimo Visual, o DLA receberia novo aviso cada vez que um contentor remanescente no

estoque fosse transferido à linha, até que ocorresse uma recomposição do nível de estoque desse item componente.

A Figura 4.7 ilustra de forma simplificada a lógica do *software* proposto, onde as setas tracejadas representam consultas a dados e as contínuas, transferências de dados calculados ou o fluxo (seqüência) de execução do algoritmo. Já a Figura 4.8 representa a seqüência operacional do disparo do cartão de Mínimo Visual utilizando a infra-estrutura do método *Andon Wireless*.

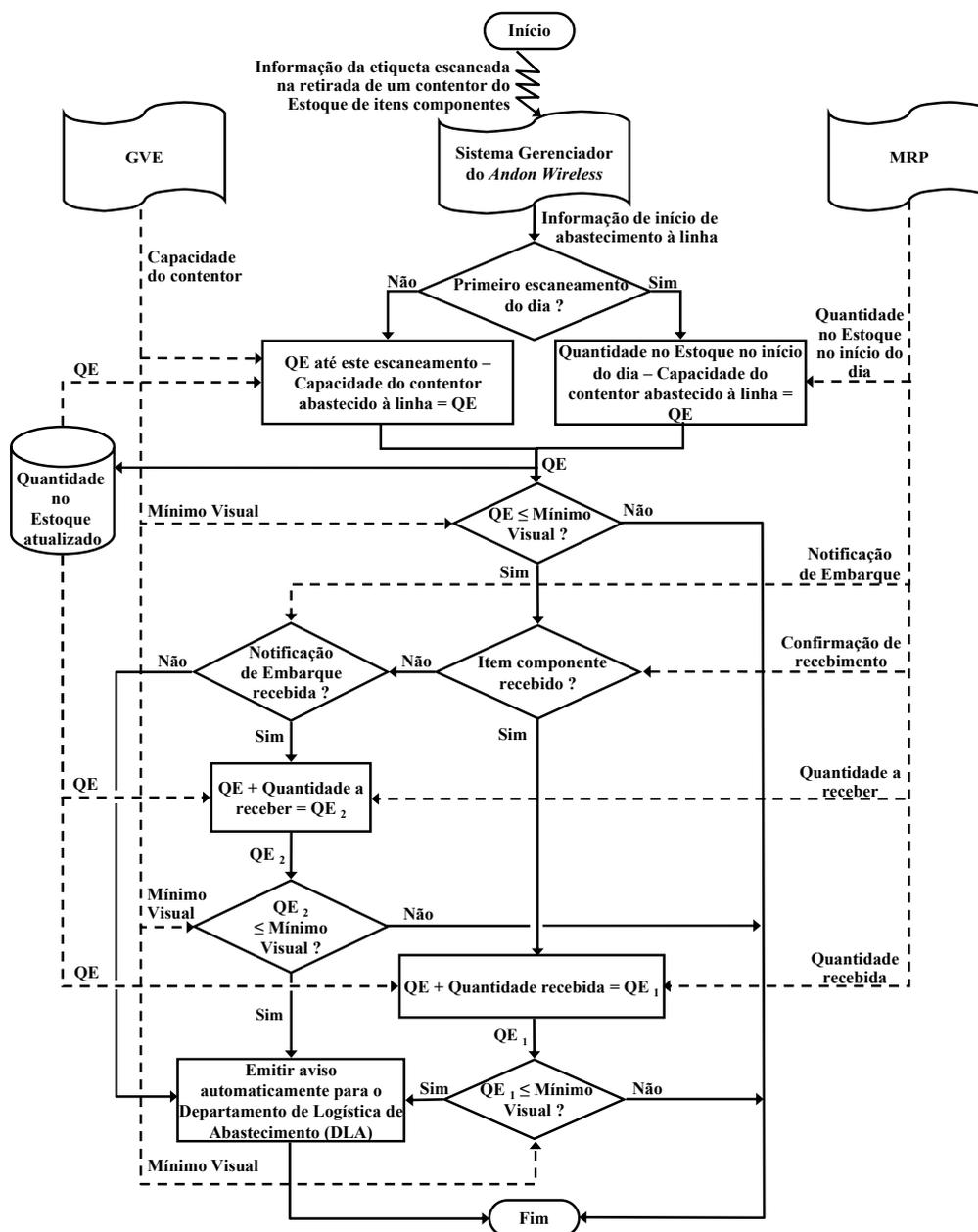


Figura 4.7 – Fluxo de informações processadas pelo *software* proposto (Elaborada pelo autor).

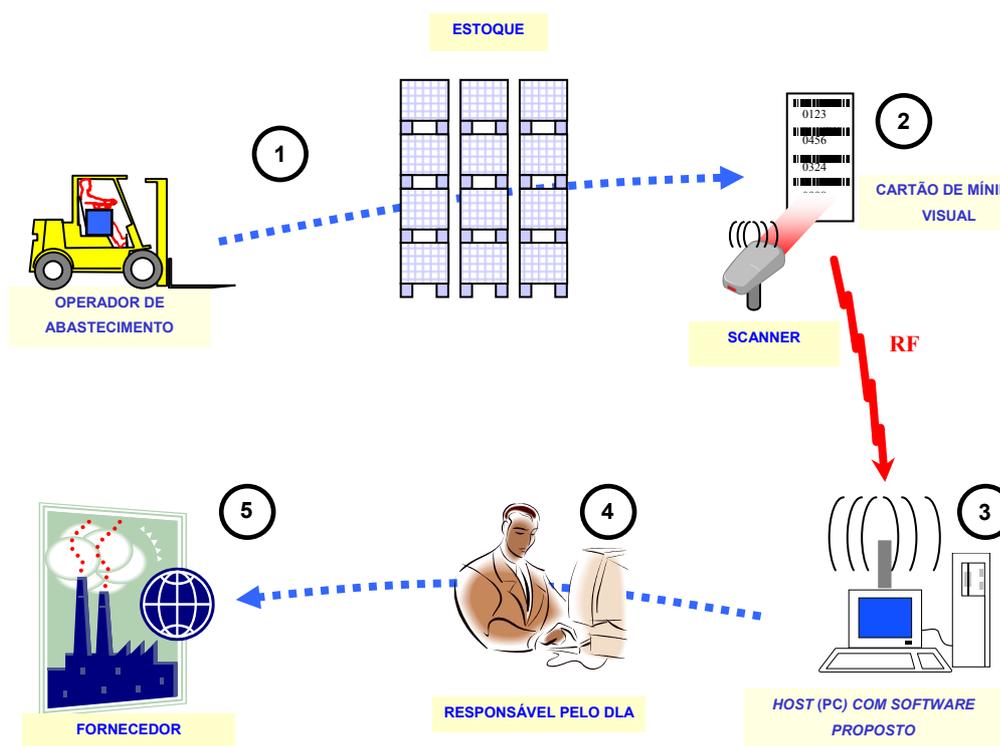


Figura 4.8 – Sequência operacional do disparo do cartão de mínimo visual utilizando o *software* proposto (Elaborada pelo autor).

Além da implementação do *software* proposto, seria recomendável fazer um rearranjo no *layout* da área destinada ao estoque de itens componentes maiores, a fim de separar o estoque de todos aqueles que são abastecidos na linha de montagem, pelo método *Andon Wireless*. O rearranjo e separação do espaço físico do estoque destes itens contribuiriam para diminuir as distâncias e o tempo para o estoquista realizar as recontagens necessárias. É importante salientar que o Mínimo Visual dos itens que não são abastecidos por este método continuaria sendo controlado por meio de disparos manuais do cartão.

4.6 Benefícios obtidos pela integração logística do sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos

A integração da infra-estrutura do método *Andon Wireless* com os sistemas GVE e MRP traria benefícios e economias substanciais à GMB, sendo que os mais

relevantes podem ter uma vertente estratégica e outra operacional. Dentre as vantagens estratégicas destacam-se:

- Diminuição de tempos – os dados seriam transmitidos por computador e radiofrequência com menos intervenção manual e disponibilizados para serem processados de uma forma quase imediata. Estas características são importantes nas operações *just-in-time* e na redução dos tempos de resposta na cadeia de suprimentos. Portanto, o tempo de processo de verificação do Mínimo Visual seria reduzido bastante, devido à eliminação das seguintes operações:
 - depósito do cartão de Mínimo Visual no alojamento, pelo operador de abastecimento;
 - coleta do cartão pelo estoquista para levá-lo ao responsável do DEC;
 - verificação da existência de Notificação de Embarque no MRP, pelo responsável do DEC;
 - recontagem de estoque remanescente do item componente pelo estoquista.
 - melhor relacionamento entre os departamentos envolvidos e fornecedores, através da rapidez no fluxo da informação, evitando atritos profissionais devido a situações de nervosismo, que afloram sempre que há um risco de uma parada da linha de montagem por falta de algum item componente.

Já entre as vantagens operacionais destacam-se:

- Diminuição de erros – a integridade dos dados transmitidos, assegurada pelos métodos de comunicação de radiofrequência de dados, e a rapidez e eficiência que os sistemas informatizados garantem, reduzem significativamente os problemas de falta ou de mal entendimento na comunicação.

- Redução de custos administrativos – conforme já mencionado, ao eliminar algumas operações executadas pelo estoquista, pelo operador de abastecimento e pelo responsável do DEC, além de reduzir o tempo para recontagem física do estoque pelo estoquista, a utilização da mão-de-obra poderia ser racionalizada, possibilitando remanejá-la e utilizá-la para realizar outras funções em paralelo.

4.7 Tema para trabalho futuro

A proposta apresentada para desenvolver um *software* capaz de comunicar o Mínimo Visual de um item componente ao DLA de maneira imediata, é um primeiro passo para no futuro implementar a ferramenta do chamado *Kanban* eletrônico entre a Planta SJC e seus fornecedores. Isso possibilitaria avisar os fornecedores, com rapidez, da necessidade de um determinado item componente, na quantidade certa e no momento certo, através de EDI.

Essa implementação causaria vários impactos à GMB e aos seus fornecedores, tais como:

- Através do fluxo de informações mais rápidas e precisas, a GMB poderia programar melhor a distribuição física dos itens componentes, evitando as movimentações e atividades desnecessárias, identificadas na Figura 4.6;
- Com acesso à informação em tempo real, a GMB poderia planejar e controlar seus estoques com maior eficiência e isso poderia se reverter em redução dos estoques, contribuindo para evitar custos desnecessários, perda de capital de giro e obsolescência dos itens componentes;
- A área de estoque poderia ser reduzida, devido à redução de itens componentes, o que para uma unidade como a Planta SJC, onde há sérias restrições de espaço, trata-se de uma grande vantagem.

5. CONCLUSÕES

5.1 Conclusões sobre a implementação do método de abastecimento

Andon Wireless

A discussão das vantagens técnicas e estratégicas do método *Andon Wireless*, apresentada na seção 3.1, possibilitou esclarecer as justificativas técnicas e operacionais para se investir na sua aplicação. Além disso, na seção 3.2, o presente trabalho comprovou a viabilidade econômico-financeira dos investimentos realizados na implementação da tecnologia de radiofrequência, através de métodos de comparação de alternativas. Contudo, é importante ressaltar a necessidade de se ter um alto nível de comprometimento dos times de trabalho junto à linha de montagem e no abastecimento para obedecerem à disciplina requerida pelos novos procedimentos. Isso só pode ser assegurado através de treinamento, reuniões de times para discussão de problemas e apoio gerencial para a promoção da interação entre os departamentos envolvidos.

Os coordenadores de time são fundamentais para o sucesso da operação, pois possuem a atribuição de analisar os relatórios e gráficos fornecidos pelo programa gerenciador do método *Andon Wireless*, e detectar possíveis incorreções no balanceamento de trabalho entre os membros dos times de abastecimento, agindo corretivamente quando necessário. As ferramentas de relatório são valiosas para subsidiar essas decisões, porém de nada serviriam sem a recíproca participação dos times.

Portanto, esta tecnologia de abastecimento aplicada no chão-de-fábrica não tem a pretensão ou capacidade de substituir o comprometimento dos times de trabalho. Os times continuam inteiramente responsáveis pelo correto manejo das ferramentas e sistemas, preservando a cultura da melhoria contínua no ambiente de trabalho. Sem a participação de líderes e operadores comprometidos com o sucesso do método *Andon Wireless* de abastecimento, a confiabilidade do mesmo torna-se bastante prejudicada. Isso pode levar a iniciativa de sua implementação ao descrédito, ainda que seja

técnica, econômica e financeiramente excelente e ofereça enorme potencial de contribuição para o aprimoramento do sistema de manufatura “enxuta”.

5.2 Conclusões sobre a integração logística entre o sistema operacional de Apoio à Manufatura e o de Suprimentos

Através deste trabalho foi possível desenvolver uma visão e compreensão ampliada da logística de abastecimento de itens componentes na linha de montagem e das relações entre os diferentes departamentos envolvidos no processo de planejamento e controle de seus estoques na GMB.

Constatou-se que os estoques de componentes são controlados por decisões e ações tomadas por uma complexa rede de relações, envolvendo diferentes departamentos, sob distintas gerências, localizados em duas cidades diferentes e que nem sempre tomam ações que são consistentes entre si.

Constatou-se também que o risco de parada da linha de montagem por falta de estoque de item componente, a que o método atual de controle está sujeito, é preocupante. Tal situação motivou a proposição de uma melhoria pela integração, via infra-estrutura já instalada de tecnologia de comunicação por radiofrequência, dos sistemas GVE e MRP com um *software* proposto que automatizaria o fluxo de informação de aviso do estoque Mínimo Visual entre os departamentos de controle de estoque (DEC) e o de logística de abastecimento e programação do fornecedor (DLA).

Tal proposta traria redução de custos administrativos, pela redução do tempo do processo de verificação do Mínimo Visual de um item componente e redução do tempo de resposta para acionamento de uma entrega urgente. Proporcionaria um melhor relacionamento entre os departamentos envolvidos e fornecedores. Além disso, garantiria a integridade dos dados transmitidos, reduzindo problemas de falta ou de mal entendimento na comunicação.

Adicionalmente, foi apresentada a proposta de utilizar um *software* para implementação futura do chamado *Kanban* eletrônico conectando a Planta SJC aos fornecedores, através da utilização da Troca Eletrônica de Informação (EDI).

O EDI é uma ferramenta que pode ser utilizada de forma eficaz no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Contudo, uma empresa pode apenas perceber os benefícios operacionais desta ferramenta, enquanto esta pode ser também explorada para intensificar as relações entre parceiros comerciais (GMB e fornecedores). Como o EDI permite que as empresas aprimorem seus fluxos de informação com seus parceiros e obtenham maior conhecimento sobre os negócios dos mesmos, possibilita melhorar o desempenho conjunto de ambos junto ao consumidor final e assim, aumentar a competitividade frente aos seus concorrentes.

Por fim, conclui-se que as aplicações das Tecnologias de Informação oferecem enorme potencial à integração das operações logísticas, contribuindo para o alcance do objetivo de garantir a disponibilidade de produtos, materiais ou serviços no mercado e pontos consumidores, no tempo exato e na condição desejada, ao menor custo possível.

6. ANEXOS

6.1 Anexo A

As atividades de movimentação de materiais são definidas pela Associação Brasileira de Movimentação de Materiais – ABMM, como sendo: “*operações ou conjunto de operações que envolvem a mudança de posição de coisas para qualquer processamento ou serviço, e/ou sua armazenagem interna ou externamente numa mesma unidade fabril, depósito ou terminal*”. Estas são responsáveis por 30% a 50% dos custos totais de produção. Estima-se também que apenas 20% do tempo de um item é gasto no processo operativo, enquanto que os outros 80% são empregados em tempo de movimentação e armazenagem em geral. Estudiosos americanos indicam que 22% da mão-de-obra industrial é utilizada no Brasil, no manuseio de materiais, com um índice de mecanização/automatização bem menor, esse valor é bem maior (Moura, 1983).

Segundo Moura (1983), a Movimentação de Materiais pode ser considerada como sendo função de movimento, tempo, lugar, quantidade e espaço. Pode-se analisar então o que está por trás desses elementos e as conclusões a que essa análise leva:

- Movimento: itens componentes, materiais e produtos acabados devem ser movimentados de um lugar para outro. A Movimentação de Materiais é o processo de deslocá-los da maneira mais eficiente.
- Tempo: cada passo ou processo numa indústria particular requer que os suprimentos estejam disponíveis no momento em que são necessários. As técnicas de Movimentação de Materiais devem assegurar que nenhuma fábrica ou cliente ficará embaraçado por receber materiais muito cedo ou muito tarde. Os materiais devem chegar ao local de trabalho, fábrica ou cliente no momento exato.
- Lugar: o material é de pouco significado em qualquer atividade, a não ser que esteja no local próprio para o uso. A movimentação de materiais tem a

responsabilidade de verificar se o material desejado está entregue no lugar certo.

- Quantidade: a demanda varia entre operações em qualquer processo de produção. É responsabilidade da movimentação de materiais providenciar para cada operação, a quantidade exata dos materiais necessários.
- Espaço: espaço de armazenagem, usado ou não, é um dos mais importantes elementos em qualquer fábrica – ele custa dinheiro. As necessidades de espaço e o controle de estoques são grandemente influenciados pelo tipo de fluxo de material.

Os elementos acima não podem ser considerados separadamente, ou seja, um afeta o outro. Para projetar um bom sistema de abastecimento de uma linha de montagem ou célula de montagem, todos os elementos devem estar integrados de tal maneira que seus desempenhos conjuntos resultem numa movimentação suave, eficiente e segura dos materiais, itens componentes e produtos.

Pode-se dizer que com o enorme crescimento das indústrias montadoras de veículos, a importância do custo da mão-de-obra também se tornou mais evidente e, portanto, desejável a redução do trabalho de movimentação de materiais, que se agrega ao custo dos veículos, mas em nada contribui para dar-lhes valor.

Ainda segundo Moura, a redução do custo de movimentação de materiais e dos custos totais de produção pode ser conseguida através de melhores procedimentos de movimentação e abastecimento de materiais, tais como:

- Redução do trabalho de movimentação de materiais feito através de mão-de-obra direta;
- Redução dos danos, perdas e extravios de materiais através de movimentação mais cuidadosa;
- Redução da burocracia e dos serviços de escritório associados, através de sistemas de movimentação que minimizem as necessidades de controle;
- Redução da quantidade de materiais no sistema, através de um fluxo mais rápido e menos estocagem de materiais em processo.

Além disso, os métodos de movimentação e abastecimento devem ser planejados para os diversos tamanhos, formas, volume, demanda de materiais ou diferentes seqüências de operações. Os mesmos devem permitir flexibilidade suficiente para atender rápida e sempre que possível economicamente às necessidades da produção. Cada método de abastecimento e forma de movimentação dos diversos materiais dentro da fábrica, seja em caixas plásticas ou de papelão, seja em contentores metálicos, exige uma técnica adequada, que será função da natureza do material, da distância a ser percorrida, do espaço disponível, do custo da mão-de-obra, do contentor a ser utilizado, do grau de urgência, da segurança necessária em cada caso e de outras variáveis dependentes de cada situação.

Quanto ao fluxo de materiais dentro da fábrica, segundo Moura (1983), é essencial planejar um fluxo contínuo, progressivo e o mais econômico possível. Durante os processos de montagem, a distância a ser percorrida pelos materiais deve ficar reduzida ao mínimo. O posicionamento das máquinas e instalações deve prever a redução da movimentação. Evitando-se a movimentação com a ida e vinda de materiais para diversos pontos da fábrica, elimina-se uma das principais causas do congestionamento no transporte e reduz-se o custo de modo apreciável. O fluxo em linha reta seria a solução mais simples, porém, é muito difícil de ser exequível. Por isso, não há inconvenientes quando o fluxo obedecer a outras formas geométricas, como as semelhantes às letras U, L ou H, as quais acontecessem muito em uma montadora, sendo importante a continuidade do fluxo na direção do produto final, sem desvios nem trajetos inúteis.

Moura (1983) acredita que o fluxo de materiais é, portanto, o esqueleto da maioria dos recursos de produção, é um dos primeiros passos no planejamento de um sistema de movimentação e abastecimento de materiais, facilmente determinado através da seqüência de operações que, por sua vez, irá determinar a distribuição dos contentores ao longo da linha de montagem ou na periferia das células de montagem.

“Reduzir tempo ocioso ou improdutivo, tanto do contentor quanto da mão-de-obra da movimentação de materiais” (Moura, 1983, p. 52).

Moura (1983) apregoa, portanto, que se reduzindo o tempo de operação nos terminais (estoque ou ponto de uso), haverá a liberação mais rápida do contentor de manuseio. Portanto, quando a operação nos terminais for mais demorada, por algum motivo, o equipamento deverá ser estudado de tal modo que sua permanência não fique demasiadamente onerosa e, além disso, na movimentação de materiais, veículos industriais não devem ficar inativos, para não elevar o custo operacional.

Seguindo esse mesmo raciocínio é que a GMB opta, no abastecimento da linha de montagem, por cargas rebocadas por um rebocador, engatadas a diversos carrinhos do tipo “*trailer*” (comboios), representando um investimento bem mais reduzido, que poderão permanecer à espera nos terminais, enquanto o rebocador continua a realizar outros transportes na fábrica.

Menos manobráveis que outros veículos industriais, os sistemas de comboios são particularmente úteis para a movimentação de grandes quantidades de materiais por uma distância considerável, e eles apresentam a possibilidade de entregar os mesmos em diferentes pontos de uso, simplesmente desengatando uma ou mais carretas.

Moura (1983) assinala que a técnica de empregar empilhadeiras deriva, em grande parte, da necessidade e conveniência econômica do aproveitamento dos espaços verticais. Pelo significado da palavra empilhadeira, a mesma destina-se a “empilhar” materiais, podendo autolocomover-se.

Exatamente por isso, tem-se tomado muito cuidado na GMB em somente não as utilizar para vencer distâncias horizontais, quando contentores de menor custo, como os rebocadores, executam a mesma operação.

Os carrinhos manuais são utilizados em toda movimentação de materiais de pequeno peso e a curta distância. Sua aplicação não tem limites, sendo encontrados nos mais

diversos setores da fábrica, geralmente quando são vizinhos e as passagens estreitas. Tais carrinhos constituem-se nos meios de transporte mais econômicos. As vantagens do sistema estão no baixo custo, na versatilidade e na inexistência de barulho. Desvantagens: só podem ser usados para operações manuais e têm capacidade limitada.

Portanto, tais veículos industriais são usados geralmente quando:

- O material é transportado intermitentemente;
- O transporte é por rotas variáveis;
- As cargas são mistas ou uniformes em tamanho e peso;
- Os espaços e superfícies de movimentação são adequados;
- A maior parte da operação consiste em transportar (ou manobrar, empilhar etc).

Segundo Moura (1983), nem sempre os equipamentos industriais são necessários para resolver problemas de movimentação. Normalmente o método mais simples e econômico que deve ser usado não requer nenhum tipo de equipamento. De fato, as técnicas de simplificação de trabalho sugerem os seguintes procedimentos:

- Eliminar a movimentação;
- Combinar a movimentação com outra atividade como: processamento, inspeção, estocagem etc;
- Mudar a seqüência de atividades para reduzir, eliminar ou alterar os movimentos requeridos;
- Simplificar a movimentação, a fim de reduzir o destino, extensão, distância, método, equipamento etc.

Somente após esses procedimentos o equipamento industrial deverá, se necessário, ser selecionado.

Muitas vezes, todavia, Moura (1983) salienta que a movimentação manual pode ser a mais fácil, eficiente e o mais barato método de movimentação e abastecimento de materiais. Assim, antes de pensar em selecionar um equipamento de movimentação de materiais, deve-se analisar a possibilidade da movimentação manual. Sendo assim, algumas características que a favorecem são:

- Tipo de material: unidade;
- Características do material: pequeno, leve, frágil, caro, seguro de manusear;
- Quantidade de material: pequena e de volume reduzido;
- Fontes e destino do movimento: próximos;
- Logística do movimento: áreas restritas, vários planos, caminho complexo, altura do trabalho, movimentos complicados;
- Características do movimento: distâncias curtas, de frequência aleatória, de velocidade variável, baixa percentagem de transporte;
- Tipo de movimento: manobra, posicionamento;
- Mão-de-obra: quando requer pequeno tempo de operador ou baixa frequência horária;
- Restrições físicas e ergonômicas.

6.2 Anexo B

No monitor dos *trackers*, têm-se as seguintes informações: número do item componente, nome do item, área solicitante e hora da solicitação. A partir do recebimento da solicitação do item, o operador de abastecimento deve acionar a tecla de seleção no *tracker* e iniciar o abastecimento. Nesse instante, para esse operador, o item fica em destaque no monitor e então lhe são complementadas as informações do endereço de estoque e endereço do ponto de uso.

Para os outros operadores este item será imediatamente apagado da lista de abastecimento. O *tracker* possui um sistema de pesquisa item-a-item, permitindo a pesquisa de no máximo 8 itens, os quais estão ordenados por horário de solicitação. O item componente solicitado é apresentado no monitor do *tracker* do operador

acionado até que ele efetue o abastecimento (entrega no ponto de uso). A confirmação da entrega é feita pelo operador acionando a tecla de término de operação.

Para os itens componentes solicitados e classificados como críticos pela Produção, há uma indicação dessa informação no monitor dos rebocadores. Por conseguinte, o sistema trava o acesso aos demais itens componentes enquanto aquele não for aceito para abastecimento por algum dos operadores de abastecimento.

6.3 Anexo C

Cálculo de área média necessária (**A**) para acomodar o estoque de cada item componente estampado maior, conforme ilustrado na Figura 6.1:

$$\mathbf{A = s_1 + s_2}$$

$$\mathbf{s_1 = 2,9 \times 2,0 = 5,8 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{s_2 = 2,0 \times 2,0 = 4,0 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{A = 5,8 + 4,0 = 9,8 \text{ m}^2}$$

Cálculo de área média (**A**) necessária para acomodar o estoque de cada item componente estampado menor, conforme ilustrado na Figura 6.1:

$$\mathbf{A = s_3 + s_4}$$

$$\mathbf{S_3 = 0,5 \times 2,2 = 1,1 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{S_4 = 0,5 \times 2,0 = 1,0 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{A = 1,1 + 1,0 = 2,1 \text{ m}^2}$$

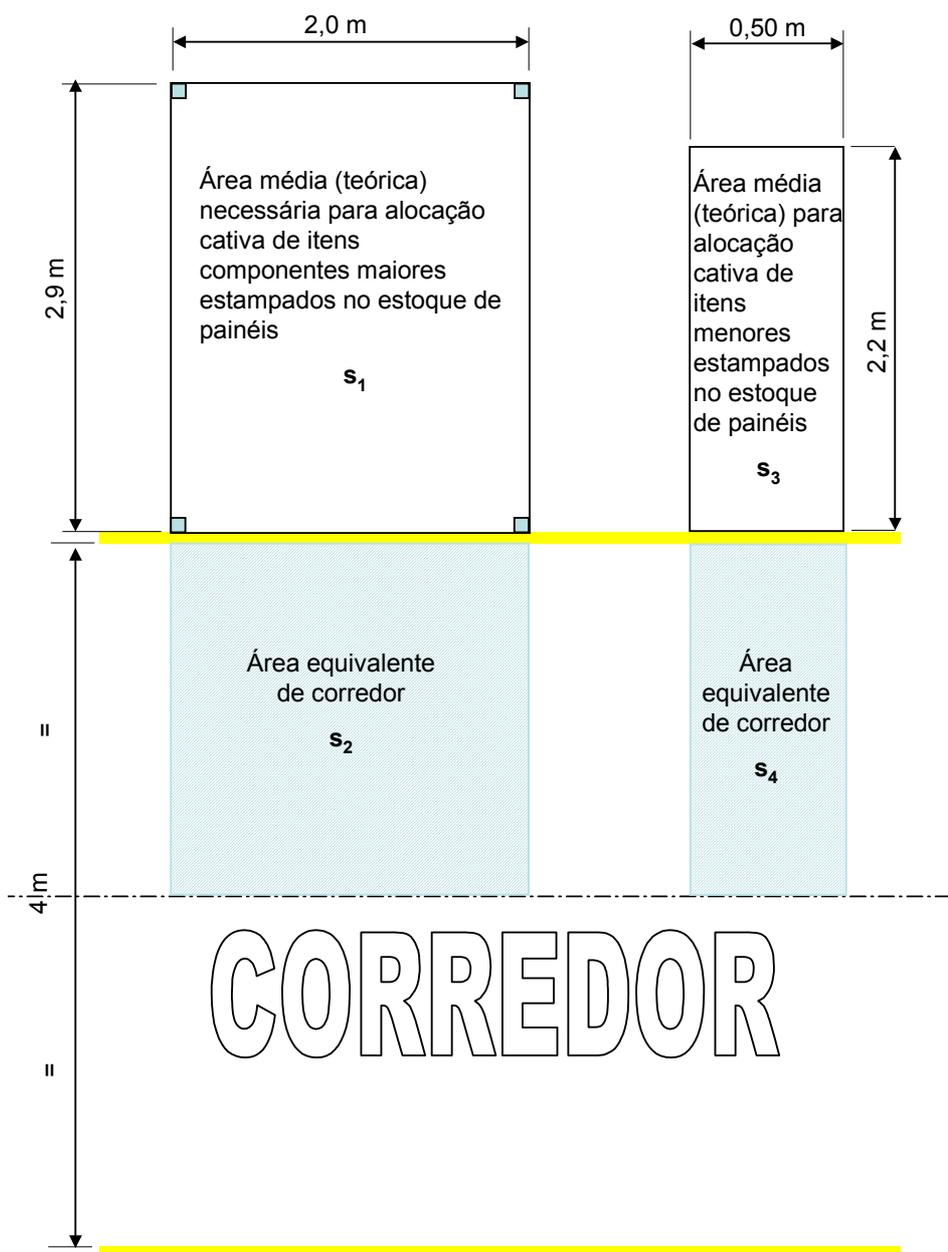


Figura 6.1 - Esquema ilustrativo do cálculo da área média para estoque de itens componentes estampados no estoque de painéis.

Cálculo de área média teórica necessária para cada item componente maior na linha de montagem, conforme ilustrado na Figura 6.2:

$$A = s_1 + s_2$$

$$S_3 = 1,4 \times 1,25 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$S_4 = 3,50 / 2 \times 1,4 = 2,45 \text{ m}^2$$

$$A = 1,75 + 2,45 = \mathbf{4,2 \text{ m}^2}$$

Cálculo de área média teórica (**S**) necessária para alocar uma prateleira de linha de montagem, conforme ilustrado na Figura 6.2:

$$S = s_3 + s_4$$

$$S_3 = 1,150 \times 0,855$$

$$S_4 = 3,50/2 \times 0,855$$

$$S = (1,150 \times 0,855) + (3,50/2 \times 0,855)$$

$$S = \mathbf{2,48 \text{ m}^2}$$

Área teórica (**A**) para cada item componente menor:

$$A = S / N = 2,48 / 7$$

$$A = \mathbf{0,35 \text{ m}^2}$$

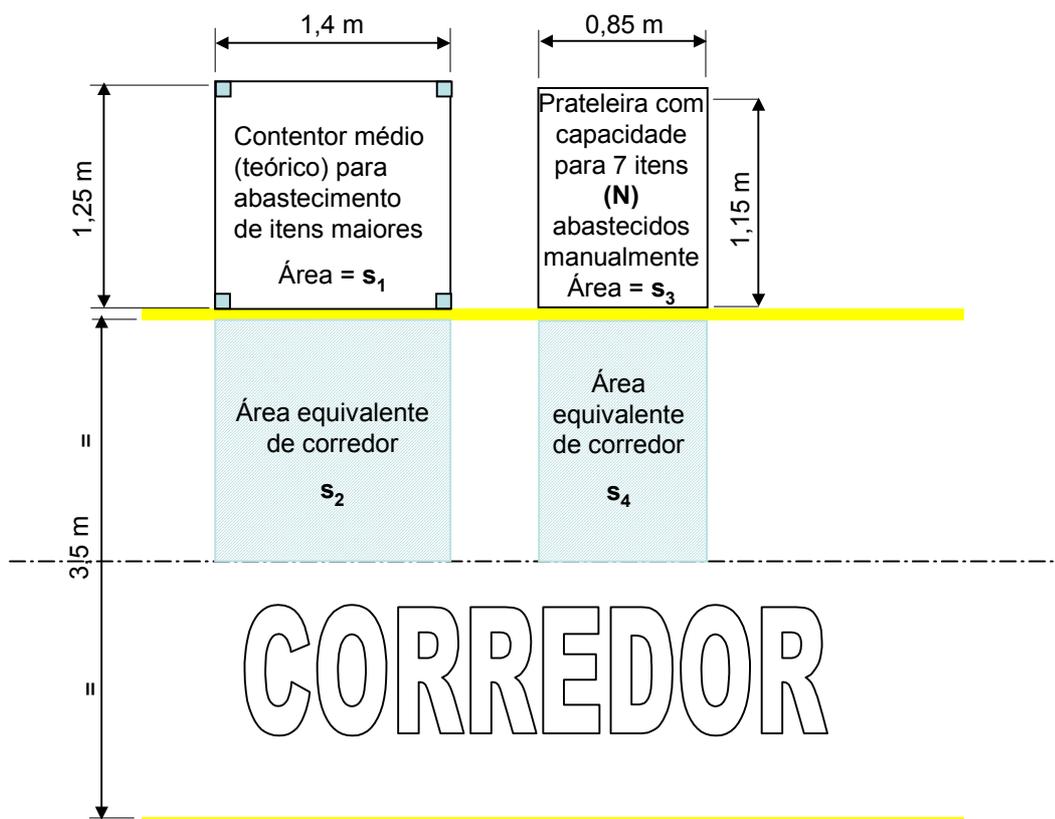


Figura 6.2 - Esquema ilustrativo do cálculo da área média para estoque de itens componentes na linha de montagem.

6.4 Anexo D

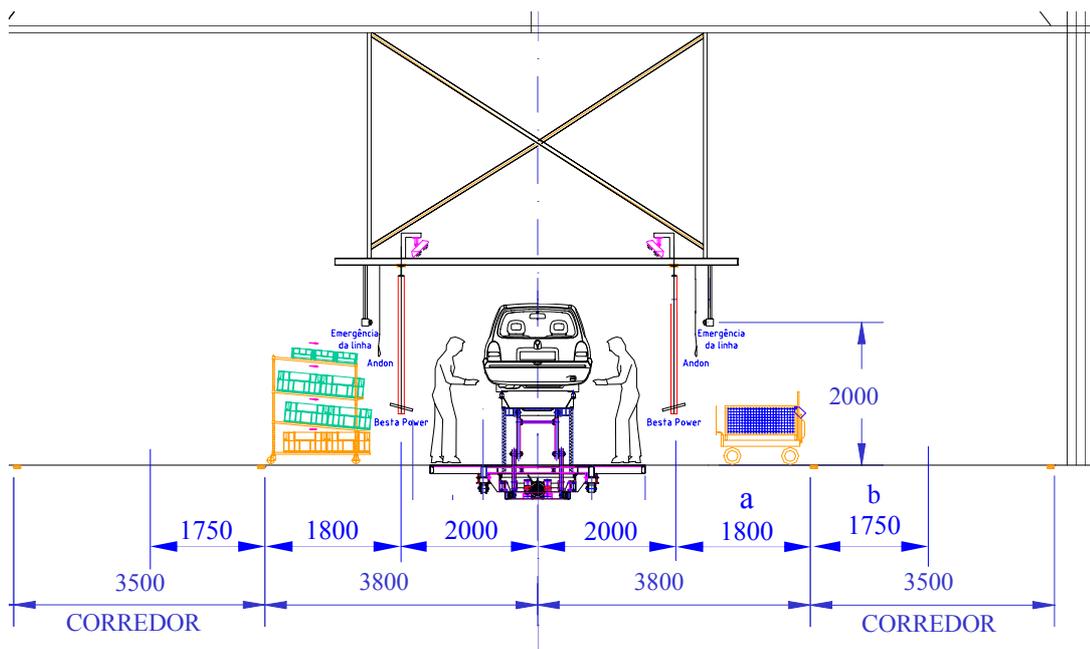


Figura 6.3 – Corte típico da linha de montagem da Planta SJC (cotas em milímetros)

- Cálculo de área total (A) para abastecimento dos 1.769 itens componentes maiores, no final de 2004, com base nos dados da Tabela 3.3 e considerando que os 1.015 itens abastecidos pelo método *Andon Wireless* fossem abastecidos pelo método de Troca de Contentores:

$$A = (185 \times 4,2 \times 2) + (91 \times 4,2 \times 2) + (1015 \times 4,2 \times 2) =$$

$$A = \mathbf{10.844 \text{ m}^2}$$

- Área total (B) necessária para o abastecimento de 2.084 itens componentes menores (ver tabela 3.3):

$$B = 2.084 \times 0,35 = \mathbf{729 \text{ m}^2}$$

- Área total (C) necessária para o abastecimento de todos os itens componentes na linha:

$$C = A + B = 10.844 + 729 = \mathbf{11.573 \text{ m}^2}$$

- **Área total disponível (D):**

$$D = 7.400 \text{ m}^2$$

- **Área adicional necessária para o abastecimento (C'):**

$$C' = C - D = 11.573 - 7.400 = \mathbf{4.173 \text{ m}^2}$$

- **Comprimento equivalente de expansão da linha (L):**

$$L = 4.173 / [2 \times (a + b)];$$

sendo (a + b) a largura da faixa de abastecimento na linha de montagem, já considerando a metade do corredor. Portanto:

$$L = 4.173 / [2 \times (1,8 + 1,75)] = \mathbf{588 \text{ m}}$$

- Área equivalente (E) de expansão da linha de montagem, desconsiderando a área de abastecimento de itens componentes:

$$E = 588 \times 4 = \mathbf{2.352 \text{ m}^2}$$

- Área total (F) adicional:

$$F = C' + E = 4.173 + 2.352 =$$

$$F = \mathbf{6.525 \text{ m}^2}$$

6.5 Anexo E

- Quantidade (N) de itens componentes maiores a ser hipoteticamente abastecida pelo método da Troca de Contentores:

$$N = 1015$$

A estimação do custo unitário médio dos itens componentes baseou-se nos dados de uma amostra de tamanho $n=34$ que corresponde a aproximadamente 3,3% de toda a população de itens componentes maiores.

- Capacidade média dos contentores (G):

G = Média aritméticas da capacidade dos contentores dos itens componentes que constituem a amostra

$$G = 41 \text{ itens / contentor}$$

- Custo unitário médio (H):

H = Média ponderada dos custos unitários dos itens que constituem a amostra

$$\mathbf{H} = \frac{\text{COST}_1 \times \text{CAP}_1 + \text{COST}_2 \times \text{CAP}_2 + \dots + \text{COST}_n \times \text{CAP}_n}{\text{CAP}_1 + \text{CAP}_2 + \dots + \text{CAP}_n}$$

H = UM 20,10 / item

onde:

- COST representa o custo unitário em UM de cada item componente;
- CAP representa a capacidade do contentor de cada item componente;
- n representa a quantidade de itens componentes considerados no cálculo.

6.6 Anexo F

Tabela 6.1 – Planilha de cálculo da Taxa Interna de Retorno do fluxo de caixa da alternativa com investimento em tecnologia de radiofrequência.

Meses	Investimento em equipamentos	Valor Residual	KWIP	Mn	MO	RB	Valor Líquido Mensal
0	-298.746,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-298.746,00
1	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
2	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
3	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
4	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
5	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
6	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
7	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
8	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
9	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	11.309,76	378,20	22.818,82
10	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
11	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
12	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
13	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
14	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
15	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
16	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
17	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
18	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
19	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
20	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
21	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	12.297,12	378,20	23.806,18
22	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	13.284,48	378,20	24.793,54
23	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	13.284,48	378,20	24.793,54
24	0,00	0,00	12.797,86	-1.667,00	13.284,48	378,20	24.793,54
25	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
26	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
27	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
28	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
29	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
30	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
31	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
32	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
33	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	13.284,48	378,20	24.460,14
34	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	14.361,60	378,20	25.537,26
35	0,00	0,00	12.797,86	-2.000,40	14.361,60	378,20	25.537,26
36	0,00	137.423,16	12.797,86	-2.000,40	14.361,60	378,20	162.960,42

TIR = 8%

7. REFERÊNCIAS DE CIRCULAÇÃO RESTRITA CONSULTADAS

GENERAL MOTORS DO BRASIL. São Caetano do Sul. **Apostila sobre Melhores Práticas em Métodos de Abastecimento.** Disponível em : < <http://gmgms.gm.com/> >. Acesso em 12 de agosto de 2002.

GENERAL MOTORS DO BRASIL. São Caetano do Sul. **Manual do Sistema Gerenciador Visual de Estoque.** Disponível em : < <http://gmgms.gm.com/> >. Acesso em 23 de abril de 2004.

GENERAL MOTORS CORPORATION. Detroit. **Central Material Area.** Harvard Manage Mentor. Disponível em : < <http://gmu.gm.com/> >. Acesso em 05 de julho de 2004.

GENERAL MOTORS DO BRASIL. São Caetano do Sul. **Manual do Global Manufacturing System da GMB.** Disponível em : < <http://gmgms.gm.com/> >. Acesso em 09 de maio de 2002.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Atlas S.A., 2001.

BUÍSSA, G. N.; MIYAKE, D. I.; KIYOHARA, D.; SILVA JR., A. R. **Aprimorando o Sistema de Abastecimento JIT em um Planta de Montagem de Automóveis**. ISSN 0148-7191, 12º Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade, São Paulo, 2003.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Editora Atlas S.A., ISBN 85-224-2572-8, 2000.

CORREA, H. L. **Linking Uncertainty and Variability in Manufacturing Systems: Managing un-planned Change in the Automotive Industry**. University of São Paulo and Warwick Business School, 1994.

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas S.A., 1993.

DIAS, A. V. C.; SALERNO, M. S. **Condomínios Industriais: Novas fábricas, novos arranjos produtivos e novas discussões na indústria automobilística brasileira**. In: Congresso Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 1998. **Anais**.

FARIA, A. C. **Custos logísticos: uma abordagem na adequação das informações de controladoria à gestão empresarial**. São Paulo, 2003. 313p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

FLEISCHER, G. A. **Teoria da aplicação do capital**: um estudo das decisões de investimento. São Paulo: Editora EDGARD BLÜCHER Ltda., 1973.

FLEURY, P. F. **Logística Integrada**. In: FLEURY, P. F., FIGUEIREDO, K., WANKE, P. (org.). Logística Empresarial. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000. Cap. 2, p27-38.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventing the factory**: Productivity breakthroughs in manufacturing today. New York: The Free Press, ISBN 0-02-913861-2, 1989.

HILL, T. **Manufacturing Strategy**: The Strategic Management of the Manufacturing Function. 2. ed. London: Macmillan, 1993.

HUMMEL, P. R. V.; TASCHNER, M. R. B. **Análise e Decisão sobre Investimentos e Financiamentos**. São Paulo: Editora Atlas S. A., ISBN 85-224-1220-0, 1995.

KIYOHARA, D.; MIYAKE, D. I.; BUÍSSA, G. N. **Melhorias na gestão e operação da logística de abastecimento numa planta de montagem de automóveis**. Issn 0148-7191, 13º Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade, São Paulo, 2004.

MIRANDA, R. V. **Manual de Decisões Financeiras e Análise de Negócios**. São Paulo: Record, 1999.

MONDEN, Y. **Toyota Production System**: Practical Approach to Production Management. Georgia: Industrial Engineering and Management Press, Norcross, 1983.

MONDEN, Y. **Toyota Production System**: An integrated approach to Just-in-Time. 2. ed. Georgia: Engineering and Management Press, ISBN 0-89-806180-6, Norcross, 1998.

MOURA, R. A. **Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**: Material Handling. 3. ed. São Paulo: IMAM., 1983.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**: Estratégia, Operação e Avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. **Princípios de Administração Financeira**. São Paulo: Atlas, 2002.

SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL. **Instrução Normativa nº 72**, 1984.

SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL. **Instrução Normativa nº 4**, 1985.

SLACK, N. **The manufacturing advantage**: achieving competitive manufacturing operations. New York: Mercury Books, ISBN 1-85-251038-2, 1992.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HORLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SUZAKI, K. **The new manufacturing challenge**: techniques for continuous improvement. New York: The Free Press, ISBN 0-02-932040-2, 1987.

WOMACK, J. P.; JONES, D., T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 2. ed., 1992.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)