

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA
NUCLETRANS – NÚCLEO DE TRANSPORTES

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
LOGÍSTICA ESTRATÉGICA E SISTEMAS DE TRANSPORTE**

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA PRODUÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE MÃO DE OBRA:
UM ESTUDO DE CASO**

Jorge Luiz dos Santos Junior

Belo Horizonte, 2015

Jorge Luiz dos Santos Junior

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DA PRODUÇÃO NO DIMENSIONAMENTO DE MÃO DE OBRA:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado ao curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transportes da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais com requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte.

Orientadora: Profa. Dra. Leise Kelli de Oliveira

Co-Orientadora: Profa. M.Sc Renata L. M. de Oliveira

Belo Horizonte

2015

S337a

Santos Júnior, Jorge Luiz dos.

Análise das variações da produção no dimensionamento de mão de obra [manuscrito]: um estudo de caso / Jorge Luiz dos Santos Júnior. – 2015.

40 f., enc.: il.

Orientadora: Leise Kelli de Oliveira.

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Especialista em Logística Estratégica e Sistemas de Transporte .

Bibliografia: f. 39-40.

1. Logística empresarial. I. Oliveira, Leise Kelli de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656.025.4

Resumo

O Planejamento Agregado relaciona-se com o dimensionamento dos recursos produtivos, assim como número de colaboradores e quantidade de equipamentos que têm impacto na capacidade produtiva. A principal finalidade é garantir que as atividades do armazém sejam realizadas no tempo correto com os recursos disponíveis.

Empresas do setor automobilístico estão sujeitas a sofrer efeitos negativos influenciados pela economia e outros tipos de especulações externas, tais como, instabilidade do mercado, economia frágil e baixos investimentos de investidores externos. Como resultado final, tem-se uma grande oscilação nos planos produtivos que geram um desequilíbrio entre a demanda prevista e plano realizado, resultando em uma rápida reação do setor de recursos humanos para adequar a mão de obra a demanda para que a mão de obra dimensionada pelo setor da engenharia esteja alinhada ao volume de trabalho do armazém.

Foram realizadas modelagens com a ferramenta Solver do software Microsoft Excel afim de otimizar os sistemas de embalagens em função do tipo de mão de obra alocado, podendo ser: (i) mão de obra própria em horário normal, (ii) mão de obra própria em hora extra e (iii) mão de obra terceirizada.

Foram discutidos os resultados e analisado a tipologia de mão de obra alocada nas atividades, além de sugestões para trabalhos futuros para que o estudo seja aprimorado e utilizado com maior eficácia e eficiência.

Palavras-chave: Planejamento Agregado, Dimensionamento de Recursos.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Relevância do Trabalho	3
1.2.	Objetivo Geral	4
1.3.	Objetivos Secundários	5
1.4.	Estrutura do Trabalho.....	5
2	REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1.	Estrutura Física do Armazém.....	7
2.2.	Armazenagem.....	7
2.3.	Recebimento:	9
2.4.	Estocagem	9
2.5.	Separação/ <i>Picking</i>	10
2.6.	Expedição	11
2.7.	Planejamento agregado	12
2.7.1	Estratégias em Planejamento agregado.....	13
3	METODOLOGIA	16
4	PESQUISA OPERACIONAL	17
4.1.	Formulação do Modelo.....	18
4.2.	Programação Linear.....	19
4.2.1	Representação Matemática.....	20
5	APLICAÇÃO DO MODELO – ESTUDO DE CASO	22
5.1.	O armazém – Visão Geral.....	22
5.1.1.	Características de área e disposição física do armazém.....	22
5.2.	Fluxos logísticos do armazém.....	23
5.2.1	Recebimento.....	23
5.2.2	Processamento.....	24
5.2.3	Expedição.....	25
5.2.4	Layout do armazém	26
5.3.	Conjunto de dados utilizados	27
5.3.1.	Previsão de demanda.....	27
5.3.2.	Dimensionamento de mão de obra.....	28
5.3.3.	Dados e informações.....	29
5.3.4.	Aplicação da ferramenta solver	32

5.3.4.1	Variáveis de decisão	33
5.3.4.2	Função Objetivo	33
5.3.4.3	Restrições	33
5.3.5.	Discussão dos resultados.....	35
6	CONCLUSÃO	37
7	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso foi realizado na empresa B³ Group, uma empresa italiana com escritórios e operações em mais de 20 países em todo o mundo. Esta empresa, está presente no Brasil há 8 anos com uma forte atuação no mercado automotivo, sendo esta vertente responsável por 70% de todo seu volume de atividades na América do Sul. A empresa é uma provedora de serviços logísticos tendo fortes atuações em logística industrial, logística de armazenagem, transportes, distribuição e embalagens industriais.

Nos últimos anos nota-se grande influência da logística no planejamento estratégico das empresas, tamanha importância que é dada pelo impacto nos resultados financeiros oriundos desta área.

Segundo Bowersox & Closs (2001), a logística integrada promove a iteração de informações de quatro áreas funcionais sendo elas: transporte, estoque, armazenamento, manuseio de materiais e embalagem, combinadas entre si. O objetivo da logística é tornar disponíveis produtos e serviços no local certo e no momento em que são desejados.

A cada dia se amplia mais o leque de itens produzidos e que são entregues com menores prazos em função do aumento da frequência de entregas. Todas as responsabilidades de atendimento são integralmente redirecionadas para a logística, e para a realização de tais atividades elevam-se os custos logísticos em função de acréscimo de mão de obra, equipamentos e movimentações.

Todo o dimensionamento de recursos, tanto pessoas como equipamentos são planejados e dimensionados em função de uma demanda média previamente estabelecida entre a produção e o setor responsável para atendimento dos mesmos. Pequenas variações poderão ser absorvidas, uma vez que todo dimensionamento possui um coeficiente de segurança que irá resguardar o processo quanto a imprevisibilidade de situações do cotidiano. Já variações fora da margem de absorção em relação ao nível pré-estabelecido terão impacto direto nos níveis de serviço devendo assim serem revistos. Tais previsões de produção para que um novo dimensionamento seja refeito, referem-se a um problema de planejamento dinâmico. Algumas alternativas para adequar a capacidade produtiva à demanda flutuante são:

produzir para estoque nos períodos de folga na capacidade, atrasar pedidos ou tolerar vendas perdidas, utilizar horas extras para aumentar a capacidade produtiva, utilizar subcontratação e alterar os níveis de força de trabalho (HAX e CANDEA, 1984; JOHNSON e MONTGOMERY, 1974)

Com a alta competitividade entre as empresas devido ao aumento expressivo da capacidade técnica desenvolvida e por uma busca incessante por métodos de trabalho mais eficientes é cada vez mais ampliado o uso de técnicas avançadas para o dimensionamento de mão de obra em atividades ditas padronizadas na logística de armazenagem. Atualmente o nível do serviço é fator preponderante na competitividade entre empresas, o que poderá influenciar em resultados ótimos no que se relaciona a prazo de entrega, acurácia de estoque entre outras. A armazenagem e a distribuição de materiais são etapas fundamentais na gestão da cadeia de suprimentos, uma vez que a eficiência destes dois quesitos poderá definir o sucesso da operação e dos processos. Um parâmetro determinante na hora de construir uma vantagem competitiva é o dimensionamento de mão de obra aliados a tecnologias no sistema de armazenagem tais como sistemas de gerenciamento de armazém (WMS)¹.

Quando se trata do *Lead Time*² de um pedido, o atraso tanto no processamento do pedido quanto na entrega representa onerosos custos tanto para o operador logístico como para o cliente final. No caso de um abastecimento de uma linha de produção, para que haja bom resultado ambas as partes deverão estar alinhadas quanto à cadência de pedidos. Caso não haja essa sintonia e os pedidos sejam feitos de uma forma desorganizada, isso irá influenciar no *lead time* já que a mão de obra responsável pelo *picking* dos pedidos é dimensionada pela média dos pedidos uniformemente distribuídos durante toda a jornada de trabalho e picos de pedidos

¹ *Warehouse Management System*, significa Sistema de Gerenciamento de Armazém, é um software que controla todo armazém, desde a sua chegada, processamento e armazenagem até a sua expedição

² Tempo decorrido entre a adoção de uma providência e sua concretização, em uma outra definição é o tempo que se leva para que um serviço ou operação seja completamente executado, desde sua solicitação até a sua entrega.

fatalmente sofrerão atrasos já que a MDO (mão de obra) disponível não conseguirá absorver a atividade.

1.1. Relevância do Trabalho

A falta de homogeneidade e o não cumprimento do plano produtivo para a emissão de ordens de produção em um armazém, gera grande impacto neste processo, uma vez que os recursos e insumos estão dimensionados para um determinado nível de produção, o que leva a uma grande insatisfação por parte do cliente na entrega dos produtos, mesmo sendo ele o causador desta desordem nos pedidos.

A falta de padrão para absorver estas variações onera o processo produtivo, fazendo com que o gestor tome rápidas decisões, e nem sempre a decisão é a mais sábia do ponto de vista econômico e operacional.

As opções mais comuns são as seguintes:

- Contratação/demissão de colaboradores;
- Extensão de jornada com pagamento de horas extras;
- Alteração do turno produtivo;
- Contratação de terceiros;

A indústria automobilística frequentemente passa por flutuações influenciadas pela economia e outros tipos de especulações externas, tais como, instabilidade do mercado, alto índice de desemprego e alta do dólar. A combinação de todos estes agravantes fez com que o mercado fosse fortemente afetado e segundo a ANFAVEA ³ (Folha de São Paulo, 2015) o mercado teve um recuo de 20,9% em relação as projeções feitas, fazendo com que os planejamentos de produção feitos no início do ano comparados com a situação atual ficassem bem distorcidos.

Todo o planejamento previsto para esse ano foi revisto e todas as empresas diretamente ligadas a indústria automotiva tiveram que rever as suas projeções tanto

³ ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

de contratações como de faturamento, tendo que ajustar o quadro de funcionários com demissões e planos de férias coletivas para equilíbrio das contas e ajuste dos estoques.

Devido à mão de obra direta responsável pela produção e separação corresponder a 60% da estrutura geral de colaboradores do armazém, houve uma grande motivação para a realização de tal estudo tendo em vista os altos valores despendidos para realizar tais adequações sem que haja perdas substanciais nos níveis de produtivos.

A importância deste estudo é dada pela insegurança relacionada a projeções de demanda e pela inconsistência do mercado consumidor, que reflete diretamente no planejamento e dimensionamento de recursos para atendimento de demandas cada vez mais incertas, resultando em prejuízos financeiros devido a não aplicação da técnica adequada para absorver a flutuação, sendo ela positiva ou negativa.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é aplicar a ferramenta solver para otimizar o processo de montagem de embalagens de um centro de exportação de peças automotivas. Objetiva-se ainda, por meio desta aplicação, identificar e analisar sob um ponto de vista de viabilidade operacional os impactos gerados pela irregularidade de pedidos da linha de produção de uma empresa do ramo de logística industrial. Para tanto, é importante determinar qual é a estratégia mais adequada para acomodação de recursos para variações de demanda do armazém de produtos acabados que atende diretamente à linha de produção.

Este estudo demonstra também a importância da homogeneidade das ordens de produção ao longo do período produtivo e a manutenção destes níveis previamente estabelecidos, uma vez que a quantificação dos recursos (colaboradores e equipamentos) se dá em função de tais níveis.

1.3. Objetivos Secundários

- Analisar indicadores de performance em função da estratégia escolhida;
- Estudar diferentes cenários de trabalho de atendimento de pedidos por meio de programação linear;
- Elaborar uma regra de estratégia a ser usada em função da natureza do trabalho;

1.4. Estrutura do Trabalho

Neste primeiro capítulo apresenta-se uma introdução do tema que será discutido, formulando o problema, expondo os objetivos e justificando a importância da realização deste estudo.

No capítulo 2 são abordados assuntos referentes à revisão da literatura, dando embasamento e suporte para um maior entendimento para os capítulos subsequentes. Serão abordados temas como atividades internas do armazém, técnicas de planejamento agregado.

No capítulo 3 serão discutidas as diretrizes metodológicas a serem utilizadas para o desenvolvimento do trabalho que foi caracterizado como uma pesquisa de caráter exploratório em função do tipo de coleta de dados e apresentação dos resultados.

No capítulo 4, apresenta-se a pesquisa operacional, destacando o seu desenvolvimento e formulação. Serão apresentados conceitos de programação linear seguido da representação e modelo matemático.

No capítulo 5 será apresentado o objeto de estudo, será feita uma apresentação do armazém e os fluxos internos desde o recebimento até a expedição de materiais. Serão apresentados os dados utilizados e todo o desenvolvimento desde a projeção de demanda informada pelo cliente, e como a empresa reage de frente a variações repentinas em sua programação de produção, realizando os ajustes necessários para equilíbrio da mão obra sem que haja queda na qualidade dos serviços prestados e sem perda de níveis de serviço.

No capítulo 6 será apresentada a conclusão e análise qualitativa dos resultados, dando assim algumas respostas para as questões colocadas no desenvolvimento do trabalho. Colocou-se também a possibilidade de pesquisas futuras se baseando na metodologia desenvolvida nesta pesquisa, para aprimoramento e melhorias na cobertura de gestão de demandas incertas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Estrutura Física do Armazém

Os armazéns são utilizados para dar suporte à manufatura, mixar produtos provenientes de múltiplas instalações de produção para o embarque a um único cliente, fracionar ou subdividir o embarque de um volume muito grande de mercadorias em remessas menores para satisfazer as necessidades dos clientes e combinar ou consolidar a expedição de mercadorias em volumes de embarque mais expressivos (LAMBERT, STOCK e VANTINE, 1998)

Segundo Pizzolato e Domingues (2003) é caracterizado como armazém o local onde são recebidas cargas consolidadas de diversos fornecedores, onde estas cargas são fracionadas e unitizadas a fim de agrupar os produtos em quantidade e variedade corretas de acordo com a solicitação do cliente.

Esta configuração de armazém é um conceito relativamente contemporâneo nos quais tem funcionalidades que transcendem as tradicionais de depósitos convencionais, galpões ou almoxarifados, uma vez que estas configurações não funcionam com sistemas lógicos e preceitos logísticos.

2.2. Armazenagem

O termo armazenagem segundo (ARBACHE, SANTOS, *et al.*, 2011) é utilizado como referência ao processo de guardar e movimentar materiais em uma determinada instalação e já o termo estocagem representa o ato de colocar os produtos em um local qualquer da instalação.

O processo geral de armazenagem consiste em três operações básicas conforme apresentado na Figura 1:

Recebimento de Materiais, estocagem e retirada da condição de estocado para posterior expedição mediante solicitação do cliente. Para que um sistema de

armazenagem seja eficiente, ele deve contar com um layout eficiente e que atenda as demandas operacionais sem que haja perdas no processo por recirculação de materiais, ressaltando a otimização do espaço físico disponível e o fácil acesso a todos os materiais ressaltando limitações ergonômicas dos colaboradores.

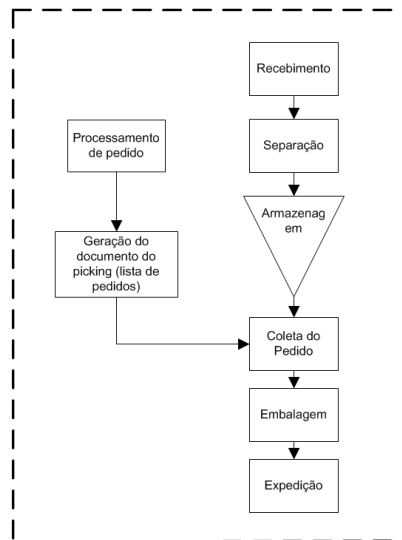


Figura 1 - Fluxo Geral de Armazém (Adaptado de Bowersox e Closs, 2001)

A palavra armazenagem hoje é usada de forma genérica para a atividade de armazenamento e movimentação de materiais em instalações.

Sistemas de armazenamento eficientes, *layouts* produtivos ótimos e boas instalações assumem um papel primordial na eficiência das operações internas ao armazém.

Para que haja disponibilidade do produto sempre que houver um pedido sobre este material tem que haver a garantia que o produto estará armazenado e disponível para separação, Bowersox e Closs (2008, p. 41) colocam que “o objetivo básico da gerencia de estoque é obter máxima rotatividade satisfazendo, ao mesmo tempo, os compromissos com o cliente”. Sendo para a gestão eficiente do armazém e de todo o estoque deve-se ter um bom WMS (*Warehouse Management System*) associadas às demais atividades internas do armazém tais como Recebimento, estocagem, gestão de pedidos e expedição.

2.3. Recebimento:

“Mercadorias e materiais chegam normalmente ao depósito em quantidades maiores do que as expedidas. A primeira atividade de movimentação de materiais é a descarga de veículos. Na maioria dos depósitos a descarga é manual. Entretanto têm sido desenvolvidos, métodos mecanizados e parcialmente automatizados capazes de adaptar-se as diferentes características dos produtos. Geralmente, a descarga dos veículos é feita por uma ou duas pessoas. Os produtos são empilhados manualmente em paletes ou *slip sheet*⁴ para formar uma unidade a ser movimentada para descarregar os veículos rapidamente. Dessa forma pode ser descarregada dos veículos maior quantidade de mercadorias para a entrada nos depósitos” (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Segundo Lambert, Stock e Vantine (1998) a atividade de recebimento além do desembarque físico de produtos, inclui também a atualização dos níveis de estoque com a conferência quantitativa no recebimento, inspeção de avarias e verificação de contagem contra pedidos e registros.

Atividades padrões no processo de recebimento:

- Controle e programação das entregas;
- Obtenção e processamento das informações para controle;
- Análise de documentação;
- Anotar registros, de forma a chamar atenção das operações não conformes;
- Processamento de entradas entre FIFO, LIFO FEFO⁵, etc;
- Planejar a localização para facilitar a descarga dos materiais;
- Descarga;

2.4. Estocagem

Segundo Moura (1997) a atividade sucessora do recebimento é a de estocagem, que consiste na locação estática dos materiais, existem dois fatores importantes a serem considerados no processo de estocagem: o primeiro é dado em

⁴ Palete é um estrado de madeira, que também pode ser confeccionado em metal ou plástico e que tem a finalidade de servir na movimentação de cargas como elemento de otimização logística.

⁵ LIFO – Last In First Out (Último que entra no estoque é o primeiro a sair)

FIFO – First In First Out (Primeiro que entra no estoque é o primeiro a sair)

FEFO - First Expire First Out (Primeiro a vencer ou expirar no estoque é o primeiro a sair)

função das características físicas do material, que avalia giro no estoque, tipologia entre outros; já a segunda consideração é dada em função das características do espaço e o modo com que irá utilizar o espaço, características da construção, tal como parede, solo, critérios de disponibilidade (existência de fila para atendimento) entre outros.

A atividade de estocagem é que definirá endereçamento dos materiais e conseqüentemente estratégias de armazenagem tais como, locação estratégica para itens de alto giro, alocação estratégica quanto as retiradas de acordo com o controle de estoque (LIFO, FIFO, FEFO) de acordo com instruções do WMS utilizado.

2.5. Separação/*Picking*

Segundo MEDEIROS (1999), o *picking* pode ser definido como a atividade responsável pela coleta e separação dos produtos em suas quantidades corretas para satisfazer as necessidades do consumidor. Esta atividade pode ser considerada como uma atividade chave no processo de armazenagem, posto que já que consome grande parte da mão de obra em relação as demais atividades, podendo este número chegar a 60% da mão de obra total. Com o intuito de minimizar o impacto do grande volume de itens a serem coletados e maximizando a produtividade são constantemente desenvolvidas técnicas de eliminação de atividades de valor não agregado em conjunto com posicionamento das embalagens em alocações estratégicas com o objetivo de diminuir deslocamentos dos operadores e conseqüentemente os custos nas operações.

De acordo com Lima (2002) o grau de complexidade do *picking* se dá em função do aumento de unidades que devem ser separadas, número de pedidos expedidos por dia, número de itens a serem coletados em uma mesma lista, o tempo entre a chegada dos pedidos e o tempo disponível entre a chegada e a expedição do mesmo. Para que possa haver uma maior organização na separação foram desenvolvidos 4 métodos para organizar o trabalho de separação de pedidos

- **Picking discreto:** Cada operador é responsável por iniciar e finalizar um pedido, sendo ele o responsável por toda a coleta correspondente. Este tipo de separação é simples e facilmente adaptável, e teremos a minimização de erros por existir apenas uma *order picking* em posse do operador. Em contrapartida se torna um trabalho ineficiente do ponto de vista produtivo já que o operador deverá deslocar-se mais em relação aos demais processos de separação.
- **Picking por zona:** Cada operador é responsável por fazer a coleta dos materiais em uma zona que é de sua responsabilidade. Para esta tipologia de separação pode haver mais de um operador trabalhando para compor um mesmo pedido, caso os materiais solicitados estejam em zonas distintas, ressaltando que as zonas são balanceadas de modo a equilibrar a carga de trabalho.
- **Picking por lote:** Neste tipo de separação o operador acumula certo número de pedidos, agrupa os produtos comuns em vários deles e realiza a coleta do somatório dos materiais nos vários pedidos. Assumindo este tipo de separação os métodos de redução de erros devem ser eficientes já que a separação dos quantitativos correspondentes ao pedido, mas o ganho relativo à produtividade é substancial.
- **Picking por onda:** Similar ao *picking* discreto, o picking por onda assume a responsabilidade de realizar coletas em horários pré-estabelecidos devendo estes estar alinhados com as expedições.

2.6. Expedição

A atividade de expedição geralmente é a última atividade a ser realizada no armazém e é o elo final do processo de armazenagem. Segundo Bowersox & Closs (2001) a expedição consiste basicamente na verificação e no carregamento das mercadorias nos veículos. Como o recebimento, a expedição é executada manualmente na maioria dos sistemas. A expedição sendo feita de forma manual da uma maior agilidade ao processo diminuindo então o tempo de carregamento de

veículos consideravelmente. A complexidade se dá quando o carregamento consiste em embalagens únicas devendo ser carregadas de maneira unitária no veículo. As conferências do conteúdo são feitas ponto a ponto, visto que devem ser considerados inúmeros aspectos para que o carregamento não seja feito de forma errônea, tal como controle de código do item, quantidade a ser expedida, marca, lote entre outros, mesmo sendo feito de maneira manual inúmeras são as funcionalidades dos WMS atuais para cercar eventuais erros neste processo.

A expedição é a última etapa do processo de armazenagem por isso deve ser precisa e eficiente, no processo de expedição estão englobadas atividades de verificação qualitativa e quantitativa dos produtos enviados, contagem e preparação de documentação fiscal, garantindo acurácia nos carregamentos. Eventuais erros no processo de expedição implicam em custos adicionais de frete, devolução de mercadorias, avarias e interferência direta nas previsões financeiras.

2.7. Planejamento agregado

Segundo Menipaz (1984, p. 234) aponta três níveis de planejamento: planejamento e controle de produção: planejamento de longo prazo, concernente a decisões estratégicas, como localização de fábricas e introdução de novos produtos; planejamento de curto prazo, referente à programação da produção e sequenciamento; e, entre estes dois extremos, encontra-se o planejamento intermediário ou planejamento agregado da produção (PAP).

O planejamento agregado consiste na determinação dos níveis dos recursos necessários para produzir uma demanda esperada. Segundo Russel e Taylor (2010) o planejamento agregado que determina os recursos que uma empresa irá precisar para encontrar a sua demanda em um horizonte de tempo futuro. De acordo com Chopra & Meindl (1997) este horizonte de tempo a ser considerado está entre 3 e 18 meses sendo de responsabilidade da empresa especificar a duração do período com o planejamento do horizonte.

O objetivo do planejamento agregado é atender às demandas irregulares de mercados pela efetiva utilização dos recursos da empresa. “É evidente que as

demandas nem sempre podem ser atendidas, e os planejadores devem balancear a variabilidade de demanda com a disponibilidade de capacidade produtiva, geralmente mais estável” (MONKS, 1987, p. 228)

Em função da dinamicidade deste planejamento não é viável e aplicável o investimento na construção e modernização das instalações para absorção destas flutuações, ou até mesmo a aquisição de novos equipamentos, mas em contrapartida é interessante projetar a contratação de mão de obra, flexibilizar a jornada de trabalho, subcontratar terceiros para as atividades entre outras manobras de níveis gerenciais.

Planejar a produção é uma atividade essencialmente complexa dentro de uma organização e requer a cooperação simultânea de todos os responsáveis pelo processo de tomada de decisão. Isto significa que se não existir a mínima sinergia entre as diversas áreas departamentais – como, por exemplo, entre os setores de marketing, vendas, produção, compras – o planejamento pode não ser bem-sucedido quanto aos objetivos estratégicos almejados.

Geralmente, as atividades de planejamento em uma organização podem ser classificadas em três níveis hierárquicos, a saber: níveis estratégico, tático e operacional.

Segundo esta estrutura, originalmente proposta por Anthony (1965), o nível estratégico relaciona-se com planejamento de longo prazo onde o objetivo é a aquisição de bens de capital (por exemplo, máquinas e imóveis) que fortalece o poder de competição da organização no mercado. Já os níveis tático e operacional focam, respectivamente, os horizontes de médio e curto prazo e têm como principal objetivo planejar o uso dos recursos que agregam valor às atividades produtivas da organização.

2.7.1 Estratégias em Planejamento agregado

De acordo com Chopra e Meindl (1997, p. 221), várias estratégias podem ser adotadas no planejamento agregado. Essas estratégias envolvem uma série de variáveis que podem ser controladas, tais como níveis de estoques, níveis de produção, flexibilização do horário de trabalho, contratação de terceiros e pagamentos

de horas extras entre outras. Quando há variação de apenas uma das estratégias citadas anteriormente, é possível dizer que estão são estratégias puras, em contrapartida quando são utilizadas mais de uma estratégia para atender a demanda solicitada esta é chamada de estratégia mista. Segundo Chopra e Meindl (1997, p. 221) as estratégias puras citadas por eles são as seguintes:

Trade-Off⁶ entre capacidade, estoque e backlog⁷ perda de nível de serviço: Em situações gerais é usual estocar produtos acabados durante períodos de baixa demanda para usa-los posteriormente para suprir altas demandas em períodos de pico, mas segundo Russel e Taylor (2010, p. 630) tais estratégias não são aplicáveis em serviços, uma vez que estes não podem ser armazenados para demandas futuras.

Adequação/harmonização de demanda: A produção é sincronizada com a demanda conforme é apresentada na Figura 2, só são produzidos bens suficientes para atender ao pedido exato resultando em baixos níveis de estoque, tais taxas são atingidas variando a capacidade de máquinas ou admitindo/demitindo funcionários. Alcançar estes níveis de sincronia torna-se problemático, uma vez que não é fácil variar capacidade de máquinas e mão de obra em um curto período de reação, e estas adequações vem seguidas de custos adicionais em função de variações de capacidade de máquinas e contratação/demissão.

Um resultado negativo desta estratégia de controle é sob a ótica de confiabilidade dos trabalhadores uma vez que quaisquer variações negativas na demanda irão ocorrer demissões para ajustes.

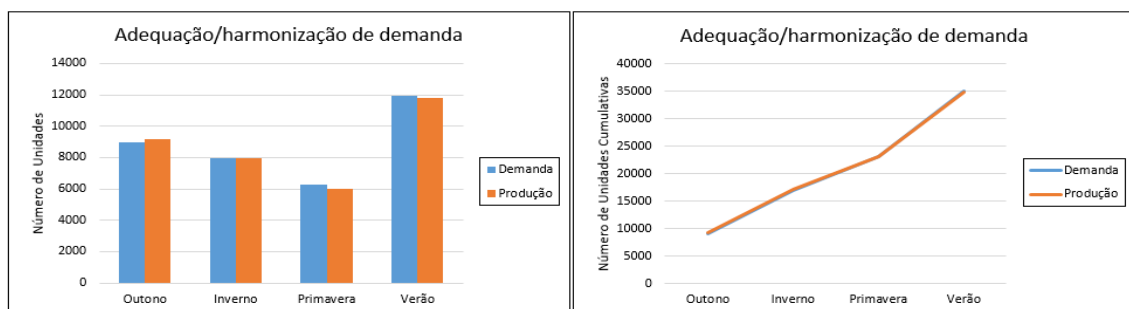


Figura 2 - Adequação/harmonização de demanda (Adaptado do acervo operacional da empresa)

⁶ *Trade Off* é definido como o ato de escolher uma coisa em detrimento de outra, podendo ser relacionado com uma situação de perde-e-ganha, ou seja, é preciso sacrificar alguma situação para que se obtenha um bem maior.

⁷ *Backlog* é uma demanda não atendida em um determinado período de tempo, considera-se como um pedido realizado que será atendido em um período futuro fora do prazo.

Flexibilização da mão de obra e capacidade estratégica: Esta estratégia poderá ser amplamente utilizada se houver sobre capacidade de trabalho das máquinas, neste caso a quantidade de colaboradores se manteria, o que iria variar seriam as horas trabalhadas de modo a sincroniza-las com a demanda aumentando a jornada de trabalho ou reduzindo.

Produção Constante – Nivelamento Estratégico: Com esta estratégia capacidade de máquinas e mão de obra são mantidos constantes e os níveis de produção se mantem em taxas constantes de saída conforme apresentado na Figura 3. Especificamente nesta estratégia a produção não é sincronizada com a demanda, logo tem-se altos níveis de estoque que são construídos aguardando uma demanda futura, uma das vantagens desta estratégia é que os funcionários se sentem seguros e a salvo de demissões oriundas de uma baixa demanda.

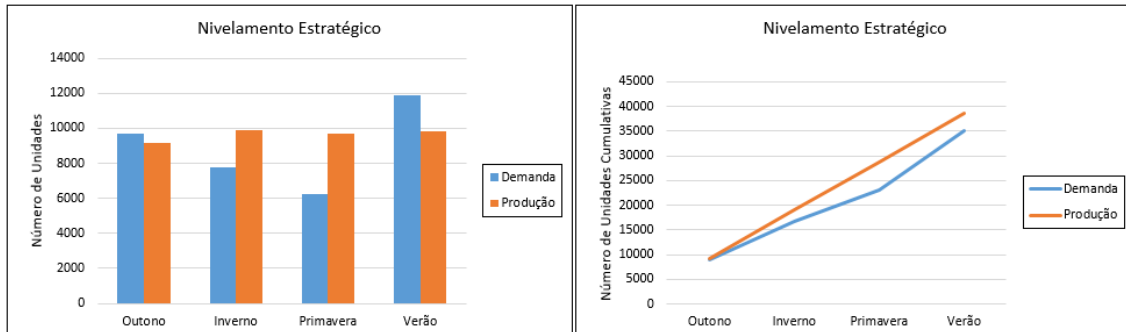


Figura 3 - Produção Constante – Nivelamento Estratégico (Adaptado do acervo operacional da empresa)

Como foram apresentadas, as estratégias de planejamento podem ser adaptadas para as mais diversas intempéries, nas quais as empresas estão sujeitas, devido à especulações e variações de mercado. Possibilitando assim que as companhias consigam reagir frente a qualquer alteração nos planos de produção nas quais, o planejamento de estoque e mão de obra foram baseados e configurados.

3 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório, ou seja, foram estabelecidas técnicas para a elaboração do trabalho visando orientar a formulação de hipóteses viáveis e aplicáveis à situação apresentada.

Segundo Gil (1989), pesquisas exploratórias têm como objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos prevendo uma possibilidade de que as hipóteses e formulações levantadas sejam utilizadas para projetos futuros.

Para o desenvolvimento deste estudo, foram feitas coletas de dados por meio de indicadores e levantamento de custos operacionais. Foram elaboradas planilhas em excel a partir da metodologia do planejamento agregado, calculando-se custos com mão de obra direta, custos agregados como horas extras, aluguel de equipamentos, contratação de terceiros entre outros custos que irão influenciar na composição de custos unitários de produção.

Foram feitas tabelas para otimizações, por meio de programação linear largamente aplicadas no campo da Pesquisa Operacional com o auxílio da ferramenta solver no Excel. Estas otimizações permitiram verificar o comportamento da produção durante o cenário analisado, que será uma produção média em relação aos picos e vales da produção em um horizonte anual.

Foram ainda feitas análises qualitativas para dimensionamento de mão de obra necessária.

A seguir serão apresentadas as etapas desenvolvidas para coleta, obtenção e tratamento dos dados:

- Conversa com os colaboradores da operação (mão de obra direta);
- Conversa com a gerência de operações;
- Coleta e compilação dos dados;
- Execução da Otimização em busca de um melhor cenário por meio da programação linear

Alguns dos tópicos apresentados abordados na metodologia e desenvolvimento serão esclarecidos e discutidos nos capítulos seguintes.

4 PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional é uma ciência que objetiva auxiliar e prover ferramentas ao processo de tomada de decisões. Este conceito será amplamente aplicado a esta pesquisa, uma vez que a conclusão do trabalho será dada com a tomada de decisão de qual alternativa de suprir a demanda é a mais adequada e eficiente do ponto de vista econômico, uma vez que o foco do trabalho é a maximização de lucros.

Atualmente a pesquisa operacional vem sendo amplamente empregada em análises relacionadas a atividades logísticas, fazendo com que às empresas façam análises de otimizações para minimização ou maximização de custos, avaliação de eficiência para reduções de custos.

Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 62) “A técnica da pesquisa operacional teve início na Inglaterra, com Blackett dirigindo um grupo de especialistas dedicados à análise de operações militares”. Tais análises procuravam maximizar os recursos disponíveis para as operações militares, com o final da guerra, a metodologia começou a ser aplicada nos meios empresariais da Inglaterra e dos Estados Unidos.

Tal planejamento deve ser dimensionado com o intuito de se obter maximizações ou minimizações que é caracterizada pela utilização de técnicas matemáticas e estatísticas dos modelos de otimização de pesquisa operacional.

As empresas atualmente procuram melhorar continuamente, tendo até equipes dedicadas para estas melhorias sendo elas pontuais ou de grandes proporções tornando as operações da empresa a cada dia melhores, mais eficiente e enxutas.

A pesquisa operacional consiste no emprego da metodologia científica em problemas para auxílio no processo de tomada de decisão em sistemas complexos. Segundo Lachtermacher (2007) o processo de tomada de decisão pode ser entendido como oportunidade de escolher uma linha de ação para resolver uma situação que é diferente do estado idealizado e desejado. E são elencados abaixo:

- a) Formulação do Problema (Identificação do Sistema)
- b) Construção do Modelo Matemático
- c) Obtenção da Solução
- d) Teste do Modelo e da Solução Obtida

e) Implementação

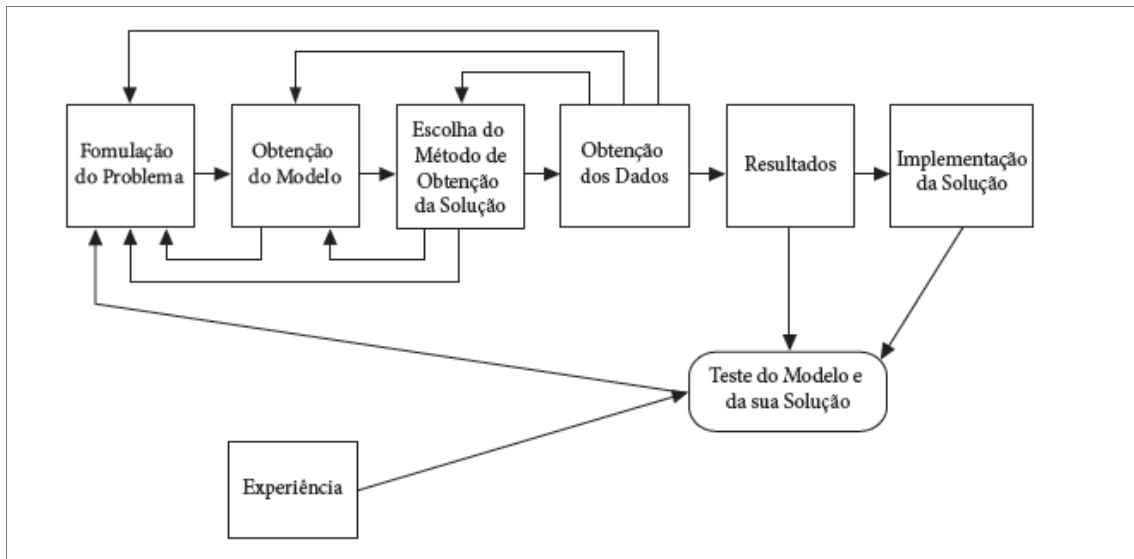


Figura 4 - A metodologia de resolução de problema adaptado de Lachtermacher (2007)

4.1. Formulação do Modelo

O modelo a ser considerado para resolver o problema de Planejamento Agregado deve ser avaliado em conjuntos:

Variáveis de decisão: geralmente são valores desconhecidos os quais representam a solução do problema de Programação Linear, as mais utilizadas são quantidades produzidas em regime regular e horas extras, subcontratações as variações na produção por contratação/demissão de funcionários.

Constantes: são grandezas que assumem valores bem definidos independentes do período.

Restrições: são equações ou inequações que ligam as variáveis de decisão e as constantes, para qualquer período t .

Função Objetiva: é uma função composta com os custos e as variáveis de decisão. Trata-se de uma função que maximiza o lucro, definida como Receita total sendo subtraído o Custo total que resulta no Lucro total.

4.2. Programação Linear

Este trabalho utilizará a programação linear como ferramenta para resolver o problema estudado, pois segundo Hillier, J e Lieberman (2006) a programação linear é bastante versátil e de fácil entendimento, e por isso é um dos modelos matemáticos mais utilizados para resolução de problemas de pesquisa operacional.

Segundo Lachtermacher (2002) define-se que um problema de programação linear está padronizado se a função objetivo estiver sendo maximizada e se todas as restrições forem do tipo menor ou igual, bem como os termos constantes e variáveis de decisão não negativos.

Um divisor de águas nos estudos que tangem programação linear se dá após o desenvolvimento do algoritmo Simplex pelo americano Gerge Dantzig, que consiste em uma sequência finita de instruções que termina em um número finito de operações que faz uso de um ferramental baseado em álgebra linear para determinar, por um método iterativo, a solução ótima de um dado problema.

Problemas de programação linear compõem uma subclasse de problemas nos quais a modelagem é inteiramente expressa em termos de equações lineares. Parece intuitivo que para ser possível a solução de um dado problema através da programação linear, o problema deve ser, inicialmente, formulado em termos matemáticos.

Os passos básicos para a construção de um modelo de programação linear segundo Hillier, J e Lieberman (2006):

Passo I. Identificar as variáveis desconhecidas a serem determinadas (variáveis de decisão) geralmente representadas como por x_1 e x_2 e assim sucessivamente.

Passo II. Identificar e listar todas as restrições do problema em questão representando em forma de equações de igualdade ou inequações lineares em termos das variáveis de decisão anteriormente

Passo III. Identifique o objetivo ou critério de otimização do problema, representando-o como uma função linear das variáveis de decisão. O objetivo pode ser do tipo maximizar ou minimizar.

4.2.1 Representação Matemática

A maximização é dada conforme apresentado na Equação 1:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Sujeito a condição imposta na Equação 2:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

Aplicando-se como restrição obrigatória a não negatividade conforme apresentada na Equação 3:

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \quad (\text{Não negatividade}) \quad (3)$$

Outras restrições são aplicáveis, mas são particulares e se aplicam especificamente para o problema a ser modelado não sendo possível assim serem representadas.

Onde:

- n é o número de variáveis
- m é o número de restrições do problema
- i é o índice de uma determinada restrição ($i = 1, 2 \dots m$)
- j é o índice de uma determinada variável ($j = 1, 2 \dots n$)
- c_j é o coeficiente (constante) da variável x_j da função objetivo
- a_{ij} é o coeficiente (constante) da variável x_j da i -ésima restrição

Lachtermacher (2002) define que algumas hipóteses devem ser assumidas quando se tenta uma resolução:

Proporcionalidade: Existe uma proporcionalidade direta entre a função objetivo ao nível de atividade de cada variável de decisão.

Aditividade: É assumido que todas as variáveis de decisão do modelo como entidades totalmente independentes, não são permitidas correlações entre as variáveis, tanto na função objetivo como nas restrições.

Divisibilidade: Todos os resultados poderão ser divididos em números fracionários, ou seja, não necessariamente o resultado será um número exato.

Certeza: Todos os critérios do modelo criado são constantes conhecidas, podendo ser dificilmente satisfeita em modelos reais, levando a necessidade de análise de sensibilidade dos resultados.

O modelo de programação linear apresentado facilitará a realização da análise de sensibilidade a ser processada no capítulo seguinte, tendo resultados rápidos para números reais aplicados as formulações matemáticas colocadas.

5 APLICAÇÃO DO MODELO – ESTUDO DE CASO

Este capítulo será dedicado à aplicação do modelo em um caso real. Foi escolhido um armazém em Betim que realiza o recebimento de peças automotivas em embalagens primárias que devem ser reembaladas em embalos secundários para posterior expedição.

Todos os dados e conceitos utilizados foram extraídos de documentos internos das empresas, tais como dimensões de armazém, planos de produção, volumes produtivos e o nome da empresa para qual é prestado o serviço será resguardada em função de sigilo evitando assim qualquer indicio de espionagem industrial.

5.1. O armazém – Visão Geral

O armazém que é objeto de estudo está localizado na BR 381 na cidade de Betim, estrategicamente localizado no centro do Cluster de fornecedores de onde advém 90% do material a ser processado.

A rodovia 381 é principal rota de escoamento para o sul do país e conseqüentemente, o principal corredor rodoviário para a Argentina e São Paulo (Porto de Santos).

5.1.1. Características de área e disposição física do armazém

Para atendimento de uma demanda de embalagem médio de 45.000 m³ de material mensal e uma expedição média de 30 expedições diárias sendo 90% modo rodoviário e 10% pelo marítimo (carregamento de contêiner e envio ao Porto de Santos/SP e Porto Caju/RJ).

O armazém conta com 30 docas de recebimento e 18 docas de expedição com uma área de 16.000m² de área coberta e 22.000m² de área de área de pátio para trânsito e estacionamento das carretas que aguardam ser atendidas.

5.2. Fluxos logísticos do armazém

Conforme citado anteriormente o armazém tem um fluxo completo de recebimento, processamento e expedição apresentado na Figura 5.

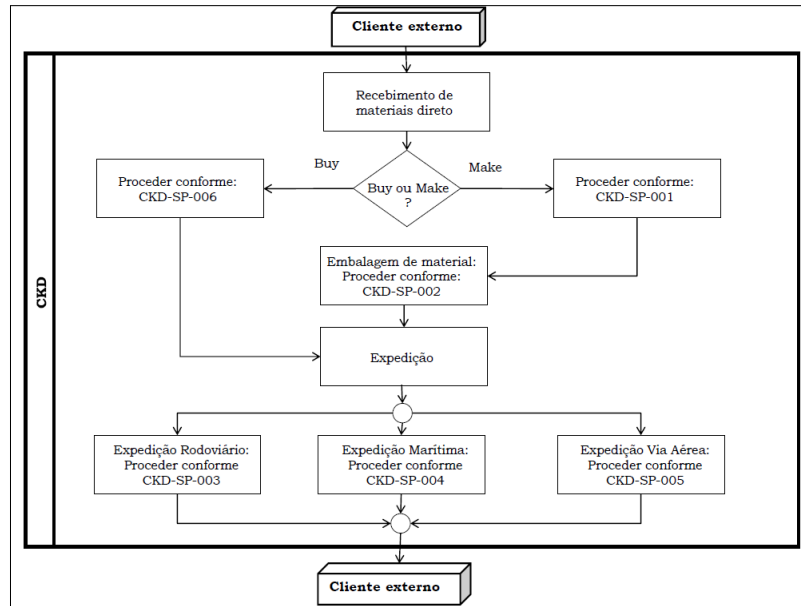


Figura 5 - Fluxo geral do armazém

5.2.1 Recebimento

Conforme apresentado na revisão bibliográfica e segundo Bowersox e Closs (2001) o recebimento consiste na descarga de veículos geralmente é feito por duas ou mais pessoas. Neste processo as mercadorias normalmente chegam ao armazém em quantidades maiores que as que serão expedidas conforme apresentado na Figura 6.

Hoje o armazém em estudo tem uma capacidade instalada para receber 70 veículos/dia, com um tempo médio de recebimento de 31 minutos por veículo.

A área destinada ao recebimento possui 3200m² onde são feitas as primeiras conferências qualitativas da carga e todo o processo de documentação fiscal.

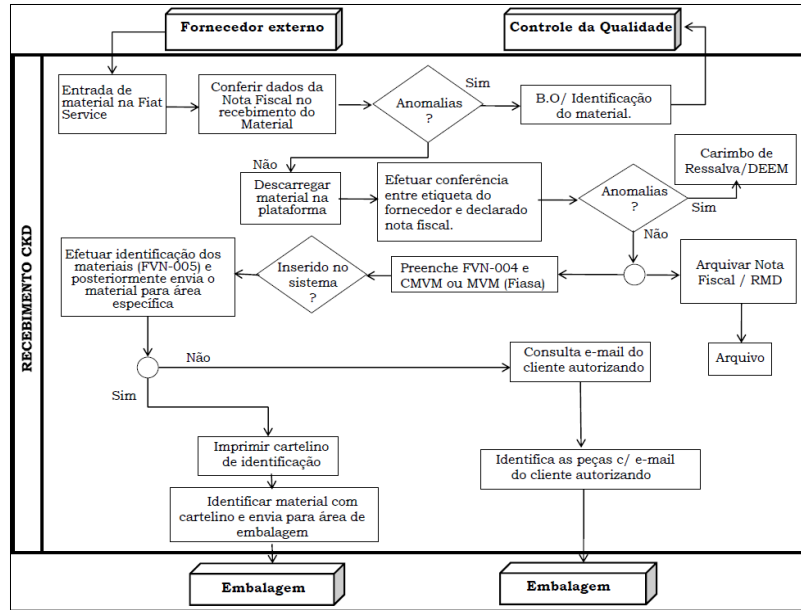


Figura 6 - Fluxo geral do recebimento

5.2.2 Processamento

O processamento dos materiais no caso estudado, consiste no embalagem e consolidação de todo o material recebido de diversos fornecedores. Este processo de embalagem se resume na troca de embalagens primárias oriundas dos fornecedores como apresentada na Figura 7 para embalagens secundárias específicas para exportação.

Segundo Bowersox e Closs (2001), embalagens tem uma grande influência nos custos e produtividades dos sistemas logísticos. Custos com materiais auxiliares e embalagens normalmente são subestimados pelas empresas, uma vez que os custos relativos a compra e descarte destas embalagens são diluídos no sistema logístico em função do ganho de produtividade gerado quando se utiliza embalagens especiais.

Considera-se como um volume de referência mensal a produção de 14.000 embalagens expedidas por mês.

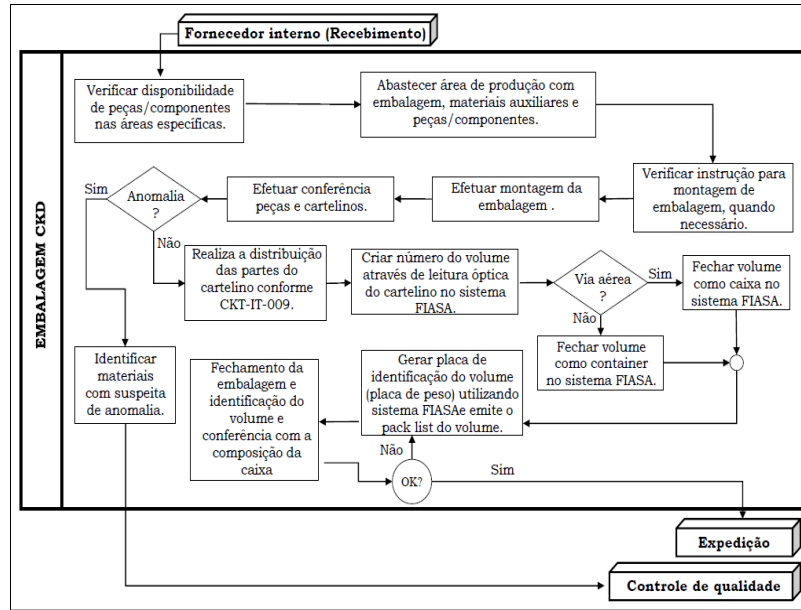


Figura 7 - Fluxo geral processamento e fabricação de embalagens

5.2.3 Expedição

Após o processamento as embalagens são enviadas para a expedição, elas devem ser colocadas em uma área específica para aguardar o carregamento seguindo o fluxo apresentado na Figura 8.

A atividade de expedição deve ser eficaz e eficiente, uma vez que existe um nível de serviço a ser cumprido que é medido em função de tempo total de carregamento, a assertividade das mercadorias no carregamento é medida com comparações de eficiência e acurácia, a operação de expedição deve ser isenta de erros uma vez que a responsabilidade fiscal das cargas é de responsabilidade do operador logístico. Tomou-se como referência mensal a expedição de 650 carretas sider por mês.

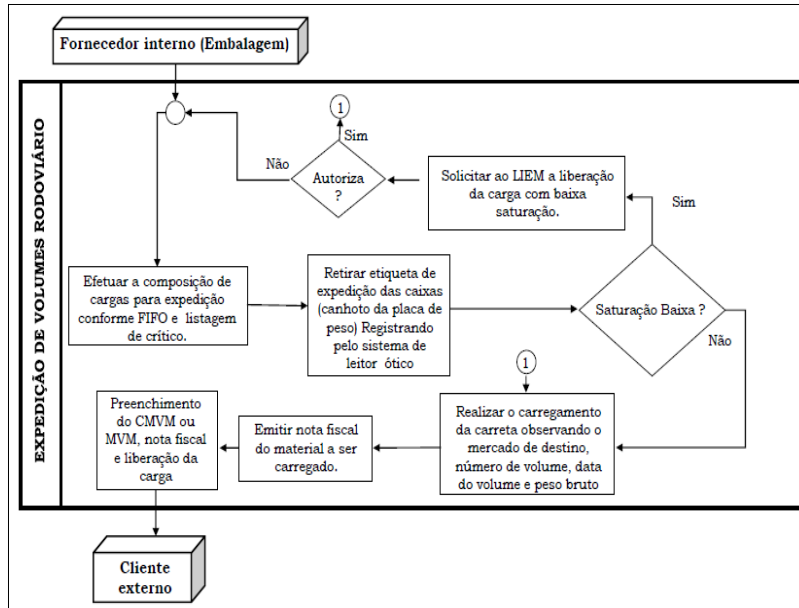


Figura 8 - Fluxo geral da expedição

5.2.4 Layout do armazém

O layout do armazém conforme apresentado na Figura 9, foi projetado para que seja obedecido um fluxo lógico de entrada, processamento e expedição.

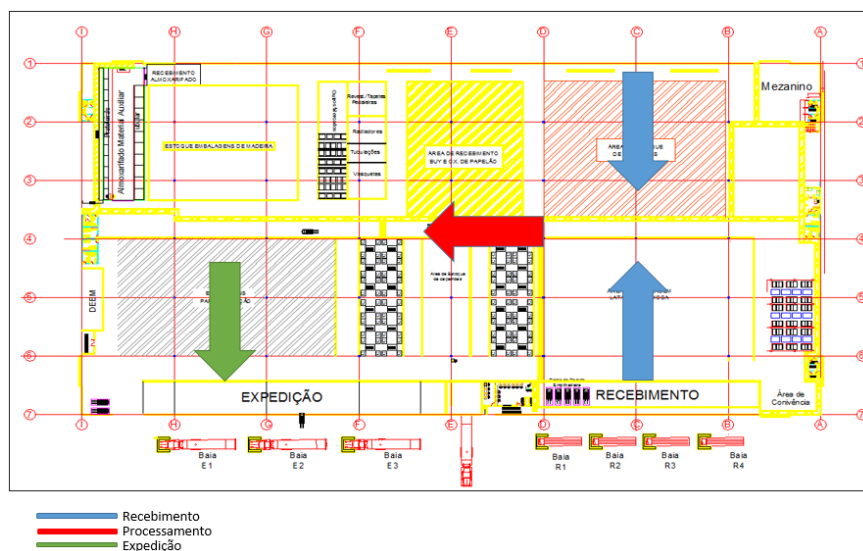


Figura 9 - Layout do Armazém

Conforme referenciado anteriormente, segue abaixo o detalhamento das áreas produtivas do armazém, estratificando-as por competência e percentual de equivalência no processo:

- Recebimento – 3200m² (20% da área total)
- Preparação – 5000m² (31% da área total)
- Armazenagem – 5000m² (31% da área total)
- Expedição – 1000m² (6% da área total)

Segundo Peinado e Graeml (2007) as decisões a respeito do *layout* podem ser decisões táticas e estratégicas, do ponto de vista tático pois podem demandar grandes investimentos para implantação e do ponto de vista estratégico tange assuntos relacionados a produtividade e eficácia produtiva.

Slack, Chambers et al. (1999) definem arranjo físico de uma operação produtiva como a preocupação com a localização física dos recursos de transformação. De forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção.

5.3. Conjunto de dados utilizados

5.3.1. Previsão de demanda

Segundo Bowersox e Closs (2001) existem dois tipos de previsões de demanda, sendo elas qualitativas que se baseiam em demandas passadas, pesquisa de opinião entre outras e quantitativas que são feitas através de formulação matemática para se chegar no resultado.

A previsão de produção conforme apresentado na Tabela 01 é feita inicialmente pelo cliente, realizando projeções anuais atualizadas e refinando mensalmente as projeções para um maior acerto nos números.

Vale ressaltar que as projeções de demanda de mercado e planejamento de produção são feitas integralmente pelo cliente, não podendo assim o prestador de serviços que no caso estudado é um operador logístico a participar desta programação, impondo que eventuais ajustes e adequações na estrutura de colaboradores do prestador de serviço sejam feitas de forma dinâmica imposta pelo cliente.

Tabela 1 - Previsão de Produção 2015 (Adaptado do acervo operacional da empresa)

RESUMO PRODUÇÃO														
PO.10 ano 2015														
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	
XXXXX	BRASIL (Veículos)	762	4.671	6.460	6.650	6.200	8.010	7.703	7.627	9.070	8.760	8.660	6.803	81.376
	EUROPA (Veículos)													0
	AFRICA (Veículos)													0
	P.E. (Veículos)	61	59	80	100	100	100	107	93	100	100	100	100	1.100
	ARGENTINA (Veículos)	3.927	3.770	3.460	3.250	3.200	2.890	2.690	2.280	1.830	1.640	1.240	1.097	31.274
TOTAL	4.750	8.500	10.000	10.000	9.500	11.000	10.500	10.000	11.000	10.500	10.000	8.000	113.750	
M ³ (metro cúbico) por Veículo	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
M³ (metro cúbico) Mensal Estimado	16.625	29.750	35.000	35.000	33.250	38.500	36.750	35.000	38.500	36.750	35.000	28.000	398.125	

5.3.2. Dimensionamento de mão de obra

Toda a mão de obra e equipamentos necessários para atendimento da demanda são projetados anualmente seguindo a previsão do cliente, de posse das demandas prognosticadas, a engenharia realiza o cálculo da mão de obra necessária para todo o ano conforme apresentado na Tabela 2, detalhada as quantidades estratificadas mensalmente de acordo com a necessidade. Esta mão de obra é apresentada em número de funcionários.

De posse destas tabelas e necessidades é então criado um plano de contratações e demissões junto ao Recursos Humanos para que haja um ajuste mensal da quantidade de colaboradores de acordo com as necessidades repassadas pelo cliente. A previsão base mostrada na Tabela 1 não é linear e por qualquer turbulência no mercado pode sofrer grandes variações que impactam diretamente no dimensionamento de recursos forçando assim a empresa a realizar ajustes constantes no quadro de funcionários para equilíbrio das contas e maximização de lucros.

Conforme apresentado na Tabela 2, são mostradas algumas nomenclaturas utilizadas para classificar os itens que deverão ser processados no armazém e tipologias distintas de mão de obra envolvidas na atividade apresentada de acordo com o período planejado.

Monczka, Handfield, et al. (2009, p. 69) definem que dentre todos os bens consumíveis, equipamentos entre outros itens necessários para a produção em uma companhia, alguns deles podem ser produzidos internamente. Estes produtos são definidos como itens *make*, já itens *buy* são definidos como os produtos que devem

ser adquiridos de fornecedores externos já em sua configuração final, podendo ser utilizados e ou vendidos sem nenhuma intervenção produtiva.

Já as classificações de mão de obra estão relacionadas ao tipo de trabalho que é desenvolvido por elas:

- Mão de obra direta é classificada como a parcela dos colaboradores que de fato realizam o trabalho produtivo. Segundo Martins (2003, p. 95), mão de obra direta é aquela relativa aos colaboradores que trabalham diretamente sobre o produto, sem que haja necessidade de apropriação indireta ou rateio de suas horas produtivas;
- A mão de obra indireta é classificada como a parcela dos colaboradores que apoiam o processo produtivo de forma indireta, gerindo a atividade sem mensuração exata do tempo despendido para sua execução;
- Mão de obra Staff é classificada como a parcela de colaboradores que gerenciam a produção em níveis hierárquicos superiores em relação aos cargos produtivos. Geralmente são responsáveis pelo planejamento do processo, controles de produtividade entre outras atividades burocráticas.

Tabela 2 – Cálculo mensal de mão de obra necessária (Adaptado do acervo operacional da empresa)

22 dias	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15
BUY (metros cúbicos)	10141	16013	18148	18148	18148	18148	17080	17080	17080	17080	17080	11743
MAKE (metros cúbicos)	6484	10238	11603	11603	11603	11603	10920	10920	10920	10920	10920	7508
VOLUMOSO (15%)	973	1536	1740	1740	1740	1740	1638	1638	1638	1638	1638	1126
MOTOR (30%)	1945	3071	3481	3481	3481	3481	3276	3276	3276	3276	3276	2252
PAPELAO (30%)	1945	3071	3481	3481	3481	3481	3276	3276	3276	3276	3276	2252
ÇAÇAMBA (25%)	1621	2560	2901	2901	2901	2901	2730	2730	2730	2730	2730	1877
TOTAL (m³)	16625	26251	29751	29751	29751	29751	28000	28000	28000	28000	28000	19251
Mão de Obra Direta	42	55	60	60	60	60	59	59	59	59	59	46
Auxiliar de Apoio Logístico	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Conférente de Materiais	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Embalador	18	28	31	31	31	31	30	30	30	30	30	20
Operador de Veículo Industrial	8	9	11	11	11	11	11	11	11	11	11	8
Mão de Obra Indireta	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Mão de Obra Staff	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Qtde total mão de obra	78	91	96	96	96	96	95	95	95	95	95	82

5.3.3. Dados e informações

Para o desenvolvimento do modelo de otimização, serão utilizados dados e informações relativas às operações padrões do armazém. Tais informações dizem respeito aos custos homem-hora relativas a cada área, valores de venda de material auxiliar para as embalagens e capacidade produtiva.

Os dados de tempo e produtividade foram obtidos com medições diretas *IN LOCO*, caracterizando assim o estudo como uma pesquisa de caráter exploratório. GIL (1989) define que pesquisas exploratórias são caracterizadas por entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Neste trabalho, a análise inicial dos dados é realizada por meio da cronoanálise, que é o método utilizado para tomada de tempos que serve de base para dimensionamento de pessoal, verificação de nivelamento de trabalho e eficiência produtiva.

A coleta de tempos e o registro do tempo de execução de uma determinada atividade é calculado como a média de dez coletas de tempos separadas e aleatórias da mesma atividade conforme apresentada na Tabela 3.

Estes tempos promovem a definição de custo de cada área, convertendo assim os tempos coletados para valores reais de homem-hora conforme será apresentado posteriormente.

Tabela 3 - Tabela exemplo de Cronoanálise (Adaptado do acervo operacional da empresa)

Atividade	média	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Entregar TD para o operador de empilhadeira e solicitar para pegar o BEM	00:06:16	00:05:07	00:05:17	00:06:00	00:08:14	00:04:42	00:08:17	00:07:55	00:04:11	00:07:15	00:05:40
Abrir caixa de madeira e plástico de proteção (incluso descarte de rejeitos)	00:04:37	00:03:35	00:04:12	00:05:46	00:03:18	00:05:48	00:05:33	00:02:56	00:05:05	00:03:58	00:06:03
Abrir gafer e plástico (incluso descarte rejeitos)	00:04:59	00:03:52	00:06:14	00:03:33	00:06:16	00:05:59	00:03:10	00:05:29	00:04:17	00:06:31	00:04:32
Verificar documento do BEM	00:01:36	00:01:14	00:01:08	00:02:00	00:01:55	00:01:01	00:01:45	00:01:22	00:02:05	00:01:27	00:02:07
Procurar desenho dentro da embalagem (para minuterias e vasquetas)	00:05:50	00:04:21	00:07:03	00:06:44	00:03:33	00:06:10	00:04:49	00:07:20	00:05:06	00:07:26	00:05:53
Solicitar MDR para o operador de empilhadeira trazer	00:02:23	00:01:45	00:02:42	00:01:26	00:02:29	00:01:56	00:02:57	00:02:03	00:03:00	00:02:22	00:03:07
Providenciar Vasquetas	00:03:20	00:02:28	00:02:01	00:03:30	00:02:44	00:04:10	00:02:54	00:04:13	00:03:20	00:04:23	00:03:42
Esperar (Acompanhar) o operador abastecer MDR no local	00:01:16	00:00:53	00:01:15	00:00:59	00:01:29	00:01:02	00:01:31	00:01:12	00:01:34	00:01:19	00:01:27

Todos os tempos coletados para realização das análises são mostrados na Tabela 04. Observa-se que os tempos para recebimento e expedição são basicamente os mesmos, uma vez que não há distinção nos processos de chegada e saída de material em função da tipologia da embalagem.

Os tempos de processamento são únicos e remetem a cada tipo de embalagem, já que existem particularidades no embalo das mesmas o que diferenciam o tempo despendido em cada uma delas.

As tomadas de tempo são estratificadas e apresentadas em função do cargo do colaborador, código da embalagem que o trabalho está sendo realizado e em qual parte do processo ele está envolvido.

Tabela 4- Tomada de tempo total das embalagens analisadas (Adaptado do acervo operacional da empresa)

Recebimento	Embalagem	Operador de Empilhadeira	Conferente	Auxiliar Administrativo	Operador de Empilhadeira	Total
	70282	0,52min	0,36min	0,92min	0,36min	2,16min
68242	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	
68232	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	
68222	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	
68212	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	
68632	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	
68352	0,52min	0,71min	0,96min	1,87min	4,06min	

Processamento	Embalagem	Operador de Empilhadeira	Embalador	Embalador	Embalador	Embalador	Auxiliar Administrativo	Operador de Empilhadeira	Operador de Empilhadeira	Total
	70282	1,3min	0,9min	12,52min	12,09min	24,71min	3,25min	1,28min	1,19min	57,24min
68242	1,63min	1,51min	13,203min	6,27min	42,27min	3,25min	0,99min	1,13min	70,253min	
68232	1,63min	1,51min	13,2min	6,28min	37,151min	3,25min	0,99min	1,13min	65,141min	
68222	1,63min	1,51min	12,078min	8,98min	37,717min	3,25min	0,99min	1,13min	67,285min	
68212	1,63min	1,51min	13,21min	9,37min	40,1min	3,25min	0,99min	1,13min	71,19min	
68632	2,45min	1,51min	20,04min	16,88min	31,03min	3,25min	1,48min	1,13min	77,77min	
68352	1,63min	1,51min	32,82min	29,87min	44,05min	3,25min	0,99min	1,13min	115,25min	

Expedição	Embalagem	Operador de Empilhadeira	Operador de Empilhadeira	Auxiliar Administrativo	Conferente	Operador de Empilhadeira	Total
	70282	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min
68242	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	
68232	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	
68222	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	
68212	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	
68632	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	
68352	1,27min	0,63min	0,60min	0,3min	1,47min	4,27min	

As conversões realizadas para chegar aos valores da Tabela 5 são baseadas em um mês padrão onde os colaboradores trabalham 220 horas por mês em uma jornada de trabalho de 08:48 horas por dia.

Para chegar aos valores unitários como são apresentados na Tabela 5 multiplica-se o tempo gasto para a realização da atividade (Tabela 4) pelo custo efetivo equivalente a hora de cada colaborador em função da sua ocupação.

Os dados de base salarial e custo empresa por funcionário real serão omitidos em função de sigilo empresarial, serão utilizados valores fictícios e proporcionais aos valores reais, para que não haja influencia e distorções no resultado final.

Tabela 5 - Tabela de conversão de tempos para homem hora (Adaptado do acervo operacional da empresa)

Horas Normais	Embalagem	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352
	Mão de Obra - Rec.	R\$ 0,94	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72
	Mão de Obra - Processo	R\$ 20,94	R\$ 25,57	R\$ 23,75	R\$ 24,52	R\$ 25,90	R\$ 28,32	R\$ 41,58
	Mão de Obra - Exp.	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79
	R\$ Mat. Aux.	R\$ 37,51	R\$ 48,03	R\$ 48,03	R\$ 49,13	R\$ 49,13	R\$ 53,27	R\$ 53,11
	Preço de Venda	R\$ 172,52	R\$ 189,73	R\$ 189,73	R\$ 194,90	R\$ 194,58	R\$ 193,02	R\$ 192,45
Horas Extras	Embalagem	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352
	Mão de Obra - Rec.	R\$ 1,55	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84
	Mão de Obra - Processo	R\$ 34,55	R\$ 42,19	R\$ 39,19	R\$ 40,45	R\$ 42,74	R\$ 46,72	R\$ 68,61
	Mão de Obra - Exp.	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95
	R\$ Mat. Aux.	R\$ 37,51	R\$ 48,03	R\$ 48,03	R\$ 49,13	R\$ 49,13	R\$ 53,27	R\$ 53,11
	Preço de Venda	R\$ 172,52	R\$ 189,73	R\$ 189,73	R\$ 194,90	R\$ 194,58	R\$ 193,02	R\$ 192,45
Terceirização	Embalagem	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352
	Mão de Obra - Rec.	R\$ 0,89	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03
	Mão de Obra - Processo	R\$ 16,11	R\$ 19,70	R\$ 18,29	R\$ 18,88	R\$ 19,95	R\$ 21,86	R\$ 32,09
	Mão de Obra - Exp.	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44
	R\$ Mat. Aux.	R\$ 37,51	R\$ 48,03	R\$ 48,03	R\$ 49,13	R\$ 49,13	R\$ 53,27	R\$ 53,11
	Preço de Venda	R\$ 172,52	R\$ 189,73	R\$ 189,73	R\$ 194,90	R\$ 194,58	R\$ 193,02	R\$ 192,45

Conforme apresentado na Tabela 5, poderá haver três tipos de atendimentos e adequações de variações repentinas de demanda. Poderá haver contratações de terceiros, extensão de jornada de trabalho com pagamentos de horas extras e alterações de horários nos turnos produtivos sendo assim considerados estas como horas normais de produção.

Estas três opções são as mais fáceis de se aplicar e possuem uma maior aderência às necessidades da empresa. O caso estudado, como citado anteriormente, trata-se de uma prestadora de serviços, serviços estes, que devem ser fornecidos conforme necessidade do cliente, e de acordo com Russel e Taylor (2010, p. 630) serviços não podem ser armazenados para atendimento a demandas futuras.

5.3.4. Aplicação da ferramenta solver

Todos os problemas de programação linear iniciam-se definindo os parâmetros de entrada de dados no sistema que são os seguintes: Variáveis de decisão, Função objetivo (maximização ou minimização), e Restrições do sistema.

5.3.4.1 Variáveis de decisão

No caso estudado, as variáveis de decisão serão quantas e quais embalagens deverão ser produzidas com a mão de obra disponível, a variação de embalagens pode ser entre os 7 modelos estudados apresentados na Tabela 4.

5.3.4.2 Função Objetivo

A função objetivo, representada por uma equação linear, deve maximizar os lucros da empresa através da otimização da produção 7 embalagens que compõe o caso estudado.

A equação 2, na qual representa-se o cálculo do máximo lucro (Max Z), apresentada a seguir:

$$\mathbf{Max Z} = (X1 * Lx1) + (X2 * Lx2) + (X3 * Lx3) + (X4 * Lx4) + (X5 * Lx5) + (X6 * Lx6) + (X7 * Lx7) \quad (4)$$

Onde: X_n = Quantidade produzida do produto e LX_n = Lucro unitário da embalagem.

Todos os dados relativos a receita e custeio das atividades foram omitidos em função de resguardar a empresa quanto a sigilo industrial. Os valores simulados foram substituídos por valores divergentes e proporcionais aos reais, para que não haja distorções nos resultados.

5.3.4.3 Restrições

O sistema é submetido às restrições de mão de obra, limite diário de produção e demanda de mercado, esta demanda é dada em função da programação de produção da planta (quantidade de veículos e modelos que serão produzidos):

A restrição representada pela Equação 5 restringe o custo de mão de obra alocada no recebimento:

$$\begin{aligned} \mathbf{Rest. 01} & & (5) \\ = x_1 * mr_1 + x_2 * mr_2 + x_3 * mr_3 + x_4 * mr_4 + x_5 * mr_5 + x_6 * mr_6 + x_7 \\ * mr_7 & \leq \$ \text{custo de homem hora disponivel no recebimento} \end{aligned}$$

Onde x_n = embalagens produzidas e mr_n = homem – hora recebimento

A restrição representada pela Equação 6 restringe o custo de mão de obra alocada no processamento:

$$\begin{aligned} \text{Rest. 02} & \qquad \qquad \qquad (6) \\ & = x_1 * mp_1 + x_2 * mp_2 + x_3 * mp_3 + x_4 * mp_4 + x_5 * mp_5 + x_6 * mp_6 + x_7 \\ & * mp_7 \leq \$ \text{custo de homem hora disponivel no processamento} \end{aligned}$$

Onde x_n = embalagens produzidas e mp_n = homem – hora processamento

A restrição representada pela Equação 7 restringe o custo de mão de obra alocada na expedição:

$$\begin{aligned} \text{Rest. 03} & \qquad \qquad \qquad (7) \\ & = x_1 * me_1 + x_2 * me_2 + x_3 * me_3 + x_4 * me_4 + x_5 * me_5 + x_6 * me_6 + x_7 \\ & * me_7 \leq \$ \text{custo de homem hora disponivel na expedição} \end{aligned}$$

Onde x_n = embalagens produzidas e me_n = homem – hora expedição

5.3.5. Discussão dos resultados

Serão apresentados a seguir os resultados das otimizações realizadas com o auxílio da ferramenta solver no Excel.

Conforme é apresentada na Tabela 6, foram simulados os valores de homem-hora em horas normais, que conforme foi apresentado anteriormente corresponde as horas normais de produção compreendidas dentro do horário normal de trabalho.

Tabela 6 - Simulações em Horas Normais

	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352			
Qtde	10,00	4,56	5,00	7,00	6,00	2,00	1,00	<=====	Variáveis de decisão	
R\$ Unitaria (- M.A)	R\$ 116,57	R\$ 119,53	R\$ 120,94	R\$ 124,42	R\$ 123,02	R\$ 115,43	R\$ 104,78			
R\$ Total	R\$ 1.165,70	R\$ 544,73	R\$ 604,69	R\$ 870,91	R\$ 738,13	R\$ 230,85	R\$ 104,78	<=====	Função Objetivo	R\$ 4.259,79
MDO Recebimento	R\$ 0,94	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72	R\$ 1,72			
MDO Processo	R\$ 20,94	R\$ 25,57	R\$ 23,75	R\$ 24,52	R\$ 25,90	R\$ 28,32	R\$ 41,58			
MDO Expedição	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79	R\$ 1,79			
								Total Utilizado	Relação	Disponível/dia
MDO Recebimento	R\$ 9,42	R\$ 7,85	R\$ 8,62	R\$ 12,06	R\$ 10,34	R\$ 3,45	R\$ 1,72	R\$ 53,47	<=	R\$ 487,83
MDO Processo	R\$ 209,42	R\$ 116,53	R\$ 118,76	R\$ 171,61	R\$ 155,43	R\$ 56,63	R\$ 41,58	R\$ 869,97	<=	R\$ 869,97
MDO Expedição	R\$ 17,87	R\$ 8,14	R\$ 8,93	R\$ 12,51	R\$ 10,72	R\$ 3,57	R\$ 1,79	R\$ 63,52	<=	R\$ 580,56

A Tabela 7 apresenta valores de horas extras para duas horas excedentes a horas normais, que conforme legislação e sindicato que regulamenta a categoria as horas normais são acrescidas em 65% a título de pagamentos de hora extra.

Tabela 7 - Simulações em Horas Extras

	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352			
Qtde	10,00	4,56	5,00	7,00	6,00	2,00	1,00	<=====	Variáveis de decisão	
R\$ Unitaria (- M.A)	R\$ 116,57	R\$ 119,53	R\$ 120,94	R\$ 124,42	R\$ 123,02	R\$ 115,43	R\$ 104,78			
R\$ Total	R\$ 1.165,70	R\$ 544,73	R\$ 604,69	R\$ 870,91	R\$ 738,13	R\$ 230,85	R\$ 104,78	<=====	Função Objetivo	R\$ 4.259,79
MDO Recebimento	R\$ 1,55	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84	R\$ 2,84			
MDO Processo	R\$ 34,55	R\$ 42,19	R\$ 39,19	R\$ 40,45	R\$ 42,74	R\$ 46,72	R\$ 68,61			
MDO Expedição	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95	R\$ 2,95			
								Total Utilizado	Relação	Disponível/dia
MDO Recebimento	R\$ 15,52	R\$ 12,94	R\$ 14,19	R\$ 19,87	R\$ 17,03	R\$ 5,68	R\$ 2,84	R\$ 88,07	<=	R\$ 804,93
MDO Processo	R\$ 345,55	R\$ 192,28	R\$ 195,96	R\$ 283,15	R\$ 256,46	R\$ 93,44	R\$ 68,61	R\$ 1.435,45	<=	R\$ 1.435,45
MDO Expedição	R\$ 29,48	R\$ 13,43	R\$ 14,74	R\$ 20,63	R\$ 17,69	R\$ 5,90	R\$ 2,95	R\$ 104,81	<=	R\$ 957,93

A Tabela 8, explicita valores de homem hora para contratações de mão de obra terceirizada, de praxe horas terceirizadas comumente tem valores inferiores as horas normais em qualquer companhia, um ponto de atenção a ser observado é o *Trade Off* entre custo de mão de obra e qualidade uma vez que a rotatividade de uma mão de obra terceirizada contratada esporadicamente não mantém uma sequência de trabalho de maneira a desenvolver a curva de aprendizado comum às atividades de cunho operacional.

Tabela 8 - Simulações com terceirização

	70282	68242	68232	68222	68212	68632	68352			
Qtde	10,00	6,63	5,00	7,00	6,00	2,00	1,00	<=====	Variáveis de decisão	
R\$ Unitaria (- M.A)	R\$ 116,57	R\$ 119,53	R\$ 120,94	R\$ 124,42	R\$ 123,02	R\$ 115,43	R\$ 104,78			
R\$ Total	R\$ 1.165,70	R\$ 793,06	R\$ 604,69	R\$ 870,91	R\$ 738,13	R\$ 230,85	R\$ 104,78	<=====	Função Objetivo	R\$ 4.508,12
MDO Recebimento	R\$ 0,89	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03	R\$ 1,03			
MDO Processo	R\$ 16,11	R\$ 19,70	R\$ 18,29	R\$ 18,88	R\$ 19,95	R\$ 21,86	R\$ 32,09			
MDO Expedição	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44	R\$ 1,44			
								Total Utilizado	Relação	Disponível/dia
MDO Recebimento	R\$ 8,91	R\$ 6,84	R\$ 5,16	R\$ 7,22	R\$ 6,19	R\$ 2,06	R\$ 1,03	R\$ 37,40	<=	R\$ 363,18
MDO Processo	R\$ 161,12	R\$ 130,68	R\$ 91,44	R\$ 132,15	R\$ 119,72	R\$ 43,71	R\$ 32,09	R\$ 710,91	<=	R\$ 710,91
MDO Expedição	R\$ 14,40	R\$ 9,56	R\$ 7,20	R\$ 10,08	R\$ 8,64	R\$ 2,88	R\$ 1,44	R\$ 54,21	<=	R\$ 436,59

Conclui-se, após analisar as três situações colocadas e os resultados obtidos a partir da utilização do Solver, que a maximização dos resultados financeiros, a diferença no período analisado chegou aos 6% se fosse utilizada apenas mão de obra terceirizada.

Com as análises feitas, conclui-se também que existe uma dessaturação dos colaboradores tanto no recebimento como na expedição para as situações analisadas. A mão de obra utilizada é substancialmente inferior em relação aos quantitativos disponibilizados. Esta baixa saturação pode ser explicada em função da necessidade da disponibilização da mão de obra mesmo que esta seja mínima.

Apoiando-se nas otimizações realizadas concluiu-se que é possível e viável do ponto de vista financeiro mesclar mão de obra própria com mão de obra terceirizada afim de reduzir custos, a proporção exata desta associação de mão de obras será sugerida como um tema para pesquisas futuras.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa tratou da modelagem de um plano de otimização proporcionando à Gerência uma visão do impacto na estratégia adotada para cobrir variações nas demandas sem que haja perda do foco que é sempre reduzir os custos para que se maximize os lucros.

Neste trabalho buscou-se, como objetivo principal, a otimização do mix de produção de embalagens em função da mão de obra disponível através de programação linear e aplicação do Solver.

No decorrer dos capítulos foi evidenciada a dificuldade em solucionar os problemas apresentados, uma vez que é feita uma projeção para o ano com ajustes mensais.

A técnica implementada possibilita realizar inúmeros testes para o modelo criado, para que, depois de testado e aprovado, sejam considerados números reais visando subsidiar a empresa na análise de inúmeras situações distintas com o intuito de maximizar os lucros.

A aplicação da ferramenta permitiu à empresa encontrar as quantidades ideais a serem fabricadas de cada tipo de embalagem fornecendo assim resultados operacionais. Foi possível ainda realizar uma estimativa de custos relacionados à mão de obra e a qual modalidade usar para cobrir demandas incertas.

Do ponto de vista financeiro, no que tange lucratividade da operação a terceirização da mão de obra é a alternativa mais viável, tendo em vista a expressiva redução nos custos operacionais, mas, em contrapartida, a avaliação técnico operacional não permite que a atividade seja totalmente terceirizada já que existem atividades que demandaram experiência do colaborador.

Sugestões para complemento da pesquisa:

- 1) Avaliação de qualidade e eficiência operacional com parte da equipe terceirizada e parte mão de obra própria de modo a baratear os custos operacionais e aumentar a lucratividade.
- 2) Notou-se a possibilidade de realizar diferentes estudos com os dados disponíveis. Evidenciou-se a importância da tipologia da mão de obra utilizada nas margens de lucro da companhia, logo, uma sugestão é a de fixar a demanda variando o perfil da mão de obra a ser utilizada, podendo assim

aproximar-se de um mix ideal entre os tipos de mão de obra disponíveis tornando-se esta variável como variável de decisão no modelo.

7 REFERÊNCIAS

- ARBACHE, F. S. et al. **Gestão de logística, distribuição e trade Marketing**. 4 Edição. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2011.
- BARNES, R. M. **Estudos de Movimentos e de Tempos**. Los Angeles: [s.n.], 1963.
- BEQUETTE, B. W. **Process Control - Modeling, Design and Simulation**. United States of America: Prentice Hall, 2003.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2001.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply Chain Management - Strategy, Planning and Operation**. Third Edition. ed. [S.l.]: Prentice Hall, 1997.
- FOLHA de São Paulo. **UOL - Folha de São Paulo**, 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/06/1639288-producao-de-veiculos-ate-maio-e-a-menor-em-oito-anos-diz-anfavea.shtml>>. Acesso em: 10 Junho 2015.
- FRAZELLE, E. H. **Distribuição de Classe Mundial**. São Paulo: IMAM, 1999.
- GIL, A. C. **Metodos e técnicas de pesquisa social**. 2 Ed. ed. São Paulo: Atlas S.A, 1989.
- HARVEY, A. C. **Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- HAX, A. C.; CANDEA, D. **Production and Inventory Management**. [S.l.]: Prentice-Hall, 1984.
- HILLIER, F. S.; J, G.; LIEBERMAN. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 8 Ed. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- JOHNSON, L. A.; MONTGOMERY, D. C. **Operations research in production planning, scheduling, and inventory control**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- LACHTERMACHER, G. **PESQUISA OPERACIONAL NA TOMADA DE DECISOES: MODELAGEM EM EXCEL**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões**. 4 Ed. ed. Rio de Janeiro: Campus LTDA, 2007.
- LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R.; VANTINE, J. G. **Administração Estratégica da Logística**. São Paulo: Campus, 1998.
- LIMA, M. **Armazenagem: Considerações sobre a Atividade de Picking**. Rio de Janeiro: CEL/COPPEAD, 2002. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br>>. Acesso em: 23 Outubro 2014.
- MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9 Ed. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MEDEIROS, A. **Estratégias de Picking na Armazenagem**. [S.l.]: ILOS- Instituto de Logística e Supply Chain, 1999. Disponível Acesso em Março/2011.

MENIPAZ, E. **Essentials of Production and Operations Management**. New Jersey: Prentice Hall, 1984. 234 p.

MONCZKA, R. M. et al. **Purchasing And Supply Chain Management**. 4 Ed. ed. [S.l.]: South-Western College/West, 2009.

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MOURA, R. A. **Manual de logística: armazenagem e distribuição física**. Vol 2. São Paulo: IMAM, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PIZZOLATO, G. G.; DOMINGUES, N. **Centros de Distribuição: armazenagem estratégica**, Ouro Preto, 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0112_0473.pdf>. Acesso em: 02 Junho 2015.

RUSSEL, R. S.; TAYLOR, B. W. **Operation Management - Creating Value along the Supply Chain**. 7th Edition. ed. [S.l.]: JOHN WILEY & SONS, INC., 2010.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção - Edição Compacta**. 1 Ed. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8 Ed. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

WINSTON, W. L. **Operations Research, Applications and Algorithm**. 3 Ed. ed. Belmont (CA): Duxbury Press, 1994.