

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ESTUDOS DE MELHORIAS DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO:
APLICAÇÃO DO MÉTODO “GESTÃO DE ESTOQUES PELA
DEMANDA”**

Vitor Ryiti Nagata

São Paulo
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**ESTUDOS DE MELHORIAS DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO:
APLICAÇÃO DO MÉTODO “GESTÃO DE ESTOQUES PELA
DEMANDA”**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia

Vitor Ryiti Nagata

Orientador: Gilberto Francisco Martha de Souza

Área de Concentração :
Engenharia Mecânica

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Nagata, Vitor Ryiti

Estudos de Melhoria de Processos de Produção: Aplicação do Método “Gestão de Estoques pela Demanda”, por V. R. Nagata. São Paulo : EPUSP, 2007. 66p.

Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

RESUMO

O presente trabalho demonstra uma estratégia que busca aumentar a eficiência de uma linha de produção através da gestão de estoques pela demanda. Esta estratégia é constituída por um plano de produção de produtos pré-determinado que planeja a seqüência, a freqüência e o volume da capacidade de produção de uma linha, a uma determinada demanda e a níveis de inventários determinados. Este trabalho busca mostrar que apesar da estratégia ser simples de ser implementada, existe grandes quantidades de dados a serem obtidas e há grande dificuldade de se determinar as variáveis e imprevistos. O objetivo do texto está em demonstrar a razão pela qual se adota esta e outras estratégias de produção : para reduzir o nível estoque, aumentar a freqüência de produção dos produtos e aumentar a eficiência de produção, assim reduzindo custos e aprimorando o nível de serviço.

ABSTRACT

This report tells about a strategy that strives for an efficiency enhancement of a production line. This strategy holds a pre-determined production plan that configures the sequence, the frequency and the capacity of a line, at a certain demand and inventory levels. The intention of this report is to show that in spite of being an easy strategy, there are big data quantities to be achieved and it is really hard to predict variables. The objective of this is to show that the reason to follow this and others production strategies is to reduce stock levels and raise the production frequency and efficiency, reducing costs and improving the service level.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	Conceitos de Gestão de Estoques.....	3
1.3	Objetivo	5
2	Caracterização do Método de gestão de estoques pela demanda.....	6
2.1	Fundamentos do Método	6
2.2	Estratégia de Implementação	8
2.2.1	Obter Dados de Demanda e Estudar Possibilidades.....	8
2.2.2	Definição da Estratégia.....	10
2.2.3	Implementar Estratégia.....	22
2.2.4	Repetir Estudo	23
2.3	Indicadores de Desempenho	23
2.3.1	Dias de Cobertura de Estoque.....	23
2.3.2	Pendente por Estoque	23
2.3.3	Nível de Serviço	24
2.3.4	Erro da Estimativa de Venda.....	24
2.3.5	Eficiência de Linha.....	24
3	Resultados de uma Implementação Passada.....	25
3.1	Obter Dados de Demanda.....	25
3.2	Definição da Estratégia.....	27
3.3	Implementação da Estratégia	34
4	Aplicação da estratégia.....	37
4.1	Obtenção de Dados.....	38
4.2	Definição da Estratégia.....	45
4.3	Implementação da Estratégia	49

4.4	Análise de Sensibilidade	52
5	Análise de Resultados e Conclusões	54
6	Bibliografia	56
	Apêndice A – Histórico Demanda Semanal.....	56
	Apêndice B – Histórico Demanda Mensal.....	57
	Apêndice C – Capacidade de Produção	58
	Apêndice D – Lotes Mínimos de Produção	59
	Apêndice E – Tabela de Tempos de Mudança de Produto na Linha	60
	Apêndice F – Tabela de Custos Fixos (Custos de Troca)	61
	Apêndice G – Tabela de Custos da Cadeia de Suprimentos	62
	Apêndice H – Tabela de Custos de Armazenagem	63
	Apêndice I – Tabela com Todos os Valores de Demanda	64
	Apêndice J – Tabela com todos os Custos, Lote Ótimo e Frequência Semanal de Produção.....	65
	Apêndice K – Sequenciamento	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sincronização dos processos	7
Figura 2 - Etapas do processo.....	7
Figura 3 - Exemplo de Demanda, Produção e Estoque	9
Figura 4 - Balanço a ser determinado	12
Figura 5 - Modelo de reposição	13
Figura 6 - Determinação do lote ideal.....	14
Figura 7 - Capacidade requerida pela demanda	17
Figura 8 - Tabela com tempos de troca.....	18
Figura 10 - Exemplo de Frequência e Sequenciamento.....	20
Figura 11 - Exemplo de nível de estoque desejado ao longo do ano.....	21
Figura 12 - Gráfico da demanda semanal do produto A	26
Figura 13 – Eficiência da linha.....	27
Figura 14 - Horas necessárias de produção	28
Figura 15 - Tempo Requerido e os Ritmos de produção	29
Figura 16 - Determinação através do método gráfico.....	30
Figura 17 – Demanda necessária para atender 80% das semanas	32
Figura 18 - Tempos de Troca	33
Figura 19 - Ciclo em meses com 5 semanas	33
Figura 20 - Ciclo em meses com 4 semanas	33
Figura 21 - Frequencia de produção do portfolio	34
Figura 22 - Gráfico do nível de estoque.....	35
Figura 23 - Evolução do pendente por estoque	35
Figura 24 - Fluxograma da Aplicação da Estratégia.....	38
Figura 25 - Demanda total por semana da linha em 2007.....	39
Figura 26 - Demanda total por semana da linha em 2006.....	40
Figura 27 - Real x Previsão	40
Figura 28 - Tabela de Tempos de Mudança.....	43
Figura 29 – Distribuição das Semanas no Intervalo	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidades em caixas/hora	11
Tabela 2 - Capacidade total da linha.....	11
Tabela 3 - Exemplo de Horas necessárias para produção	19
Tabela 4 - Dados de Demanda.....	27
Tabela 5 - Horas de produção necessárias	28
Tabela 6 - Capacidade total real da linha	29
Tabela 7 - Determinação do lote ideal	30
Tabela 8 - Determinação da nova demanda	31
Tabela 9 - Determinação da frequência de produção	32
Tabela 10 - Resultados da estratégia.....	34
Tabela 11 - Capacidade de produção	42
Tabela 12 - Lote Mínimo	42
Tabela 13 - Horas Disponíveis	42
Tabela 14 - Custos de Troca.....	44
Tabela 15 - Custo de Cadeia de Suprimentos.....	44
Tabela 16 - Custos de Armazenagem	45
Tabela 17 - Produção que atende 80% das semanas.....	46
Tabela 18 - Lote Ótimo e Frequência de Produção	47
Tabela 19 - Exemplo de Sequenciamento	50
Tabela 20 - Valores Máximos e Mínimos.....	52
Tabela 21 - Análise de Sensibilidade.....	53

1 Introdução

1.1 Considerações Iniciais

O problema de planejar e controlar a produção, face às constantes mudanças das condições de mercado e da manutenção de níveis de estoque desejados é praticamente universal em empresas, segundo Magee (1967). A necessidade deste planejamento surge do fato de se produzir um bem ou serviço em razão da demanda externa e das limitações existentes. Estas limitações se concentram principalmente nos custos, que devem ser minimizados com o objetivo de se atingir a competitividade. Slack et al. (2002) afirmam que, para isso, a área de produção e o setor de manufatura têm recebido muitas mudanças e novas técnicas são introduzidas com maior frequência. Com a crescente globalização e integração de mercados mundiais, novos competidores tem tornado o cenário da concorrência ainda mais agressivo, exigindo mudanças nas empresas visando o aumento da competitividade.

Segundo Paiva (1999), uma maneira simplificada de abordar uma estratégia de produção é dividi-la em conteúdo e processo. O conteúdo inclui as prioridades competitivas, áreas de decisões, melhores práticas de produção e medição de desempenho (indicadores). O processo de elaboração diz respeito aos métodos utilizados para o desenvolvimento da estratégia de produção.

Qualquer operação produtiva requer planos e controle, mesmo que o grau de formalidade e os níveis de detalhes possam variar. Algumas operações são mais difíceis de controlar do que outras. As que têm um alto nível de imprevisibilidade e as que possuem grande contato com consumidores possuem grandes variabilidades e assim aumentam a complexidade do processo, porém são nelas que um planejamento irá agregar mais valor e eficiência. Este planejamento tem como finalidade, segundo Gaither e Frazier (2005) :

- Desenvolver planos agregados de capacidade que normalmente cobrem de 6 a 12 meses. Esses planos de médio alcance devem fornecer a capacidade

de produção necessária para cumprir a demanda dos clientes por produtos e serviços

- Estabelecer sistemas de planejamento da produção que orientem as organizações para manter as promessas de entrega aos clientes, cumprir metas de estoque e manter baixos os custos de produção
- Garantir suficiente estoque de produtos acabados para atingir o objetivo duplo de baixos custos operacionais e pronta entrega de produtos aos clientes
- Programar a produção de produtos e serviços necessários para cumprir as promessas de entrega aos clientes e das cargas de trabalho às instalações de produção de forma que os custos de produção sejam baixos
- Planejar a compra, armazenagem e embarque de materiais a fim de que os materiais certos estejam disponíveis na quantidade certa e na hora certa para suportar os programas de produção

De acordo com Slack et al. (2002), no chamado Planejamento Agregado, os gerentes de operações desenvolvem planos de médio alcance de como serão produzidos produtos durante as semanas seguintes. Estes planos especificam a quantidade de mão de obra, de suprimentos e outras fontes de capacidades a serem utilizadas. Para isto é desenvolvido um programa mestre de produção, que define a estratégia a ser seguida.

Um planejamento da produção permite minimizar a sobrecarga e a subcarga, ou seja, aumentar a eficiência da produção para assim obter a máxima produção de acordo com os recursos disponíveis e assim diminuir seus custos. Ele também permite uma programação de um plano sistemático de mudança da capacidade de produção para atender a picos sazonais e momentos de baixa demanda.

1.2 Conceitos de Gestão de Estoques

Estoques são, segundo Corrêa, Giansesi e Caon (1997), acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação.

Esses acúmulos de materiais proporcionam independência entre as fases dos processos de produção. Quanto maiores forem os estoques entre duas fases, mais independentes entre si essas fases são, já que a interrupção em uma não acarreta interrupção na outra.

Mas quais as razões para o surgimento de estoques ?

Falta de coordenação é uma delas. Pode ser impossível ou inviável coordenar as fases do processo de produção de forma a alterar suas curvas de suprimento e consumo para que estas sejam iguais.

O tempo e custo relacionado à preparação da máquina na troca de um produto para outro na produção levam a se decidir por produzir lotes de produção maiores que o necessário, com o objetivo de aproveitar e minimizar este custo de troca (que independe da quantidade a ser produzida). Assim, esses lotes maiores geram estoques. Os custos de distribuição também levam a produção de lotes maiores à medida que o custo de uma carreta cheia é a mesma de uma com metade da capacidade.

Incertezas também levam a criação de estoques. Para se programar uma cadeia de suprimentos de maneira efetiva, é preciso prever a demanda, e prever o quanto será necessário de matéria prima. Assim pode-se estabelecer um fluxo de entregas do fornecedor com maior grau de confiança (a medida que os pedidos são feitos com maior antecedência). Mesmo que a programação deste fluxo seja considerada teoricamente perfeita, há sempre as incertezas nestas previsões de demanda, que se propagam por toda a cadeia de suprimentos.

Em muitas situações, a formação de estoques não se dá para minimizar os problemas citados anteriormente, mas sim com a intenção de criação de um valor. Isso se dá por meio de especulação com a compra e venda de materiais. Um exemplo disso é quando uma empresa consegue antecipar a ocorrência de escassez de um determinado bem, comprando quantidades mais altas do que eram antes necessárias enquanto os preços ainda estão baixos. Quando vem a escassez e a

conseqüente alta dos preços, não só a empresa não sofre com ela, como também pode realizar grandes lucros com o excedente de preço aumentado.

Assim, a partir dessas causas, surgem os conceitos de gestão de estoque. As principais definições para esta gestão de determinado item referem-se a quando e quanto ressuprir este item, a medida que ele vai sendo consumido pela demanda e assim coordenar (sincronizar) ao máximo o consumo e o suprimento, a produção e a demanda.

1.3 Objetivo

Neste estudo é analisada uma estratégia de gestão de estoques pela demanda e aumento de eficiência de produção denominada “Gestão de Estoques pela Demanda” (Demand Based Run Strategy), já utilizada com sucesso em diversas linhas de produção de grandes empresas tais como Unilever, Danone, Bristol Meyers Squibb e Mattel.

Para realizar este estudo, são levantados inicialmente todos os dados referentes à demanda e à custos relacionados a produção e armazenagem. De posse destes e de outros dados complementares, é realizada a estratégia propriamente dita.

Como caso exemplo realiza-se o plano de produção de produtos planejando-se a seqüência, a freqüência e o volume da capacidade de produção de uma linha, a uma determinada demanda e a níveis de inventários determinados, com o objetivo de permitir :

- Melhores níveis de serviço ao consumidor
- Melhores margens de lucro e lucro líquido
- Menores estoques e assim maior capital de giro
- Maior produtividade
- Menores gastos operacionais
- Maior capacidade de linha
- Menores custos logísticos

2 CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE GESTÃO DE ESTOQUES PELA DEMANDA

2.1 Fundamentos do Método

Basicamente a estratégia denominada “Gestão de Estoques pela Demanda” busca saber o que, quando e quanto produzir, para assim eliminar ao máximo as perdas (de tempo, custo e inventário) ao manter a produção sincronizada com a demanda do consumidor.

Um grande objetivo de uma empresa é o de entregar um alto nível de serviço a um baixo custo. Com uma diminuição no “lead time”¹ e aumento na variedade e flexibilidade dos produtos possibilita-se uma melhora no nível de serviço à medida que é oferecido “mais e melhor” ao cliente e minimiza-se a possibilidade de atraso ou não entrega do produto.

Ao aplicar o plano de produção desta estratégia procura-se obter ciclos de produção mais eficientes com a aproximação da produção à demanda, tornando assim os ciclos menores e mais freqüentes. Para isto deve-se atingir um tamanho de lote ideal que considere todas as variáveis de custos, as quais serão discutidas mais a diante neste texto. Estes fatores, aliados a obtenção de uma maior produtividade, irão permitir a diminuição dos custos de produção. Por fim, o planejamento de estoques irá permitir a diminuição do mesmo e de capital parado.

Organizando os objetivos, pode-se apresenta-los conforme indicado na Figura 1.

¹ Lead time – Tempo total gasto entre a entrada de um pedido e sua entrega

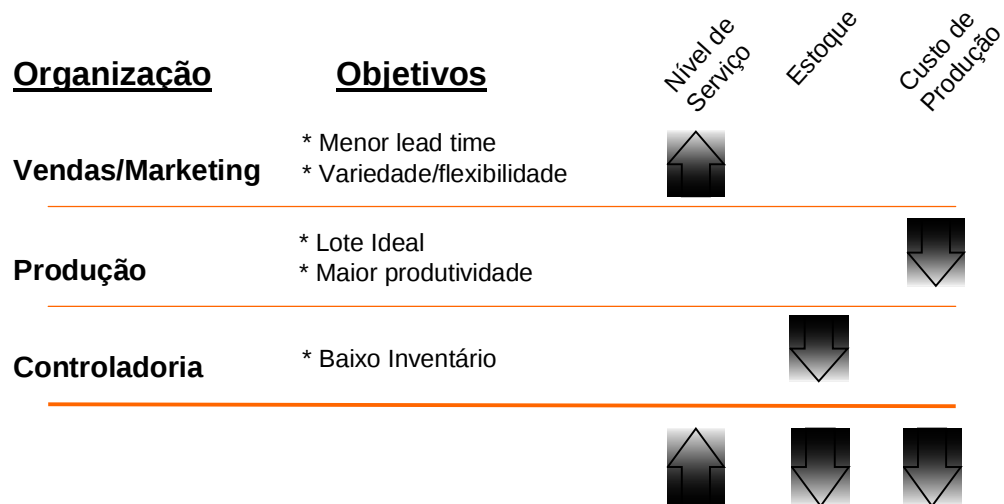


Figura 1 - Sincronização dos processos

Sendo assim, o método é constituído das fases indicadas na Figura 2:

- Obtenção e Revisão de dados de demanda – para entender as características da demanda
- Definição da Estratégia – para desenvolver os detalhes operacionais da estratégia
- Aplicação/Implementação da Estratégia

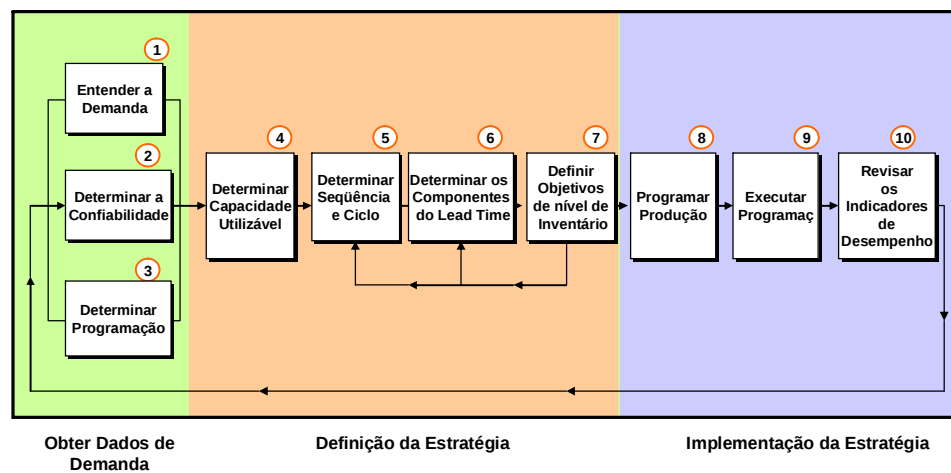


Figura 2 - Etapas do processo

As subdivisões destas fases são explicadas na seqüência deste texto.

2.2 Estratégia de Implementação

2.2.1 Obter Dados de Demanda e Estudar Possibilidades

2.2.1.1 Caracterizar e Entender a Demanda

Tem como objetivo determinar a demanda histórica semanal por produto, sendo esta dividida em diferentes tempos (semanal e mensal) e visões (país, região, centro de distribuição) e visualizar efeitos causados por sazonalidades, promoções e outros.

Para isso deve-se obter o histórico e a previsão da demanda de pelo menos um ano nas diferentes aberturas (país, região, centro de distribuição, fábrica). Análises da previsão são importantes para se determinar possíveis mudanças na demanda como crescimento causado por promoções ou introdução de novos produtos (ou exclusão de outro).

Também deve-se obter dados da produção e do estoque e observar, como mostrado na Figura 3, o tamanho do estoque desnecessariamente parado. Este estoque é gerado pelas causas apresentadas anteriormente. Por exemplo, ele pode ter sido gerado para evitar falta de produto em um possível estouro de vendas, porém em uma indústria alimentícia (que possui produtos que estragam rapidamente) este estoque além de representar um capital parado, pode envelhecer e causar ainda maiores prejuízos quando resultam em um vencimento da validade dos produtos e conseqüente desperdício.

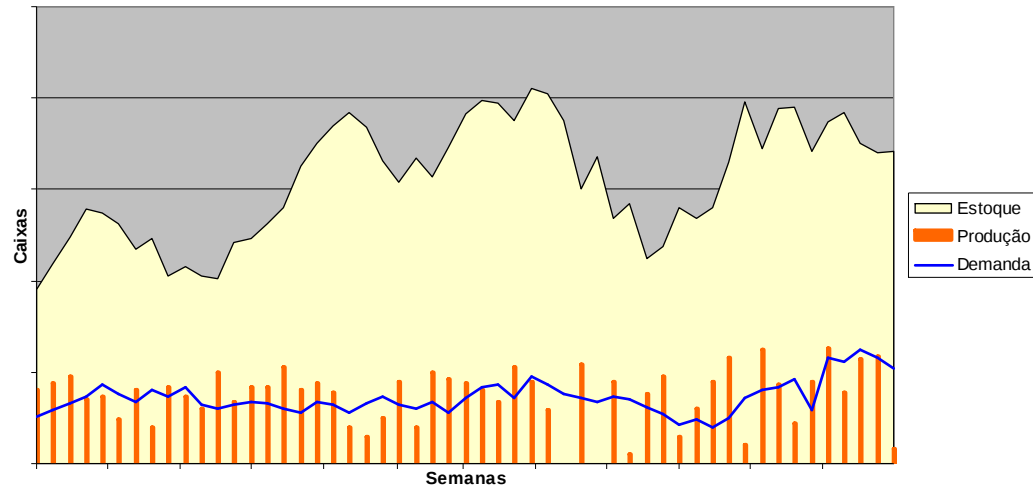


Figura 3 - Exemplo de Demanda, Produção e Estoque

No exemplo acima percebe-se facilmente que há grande quantidade de estoque parado e portanto, grande possibilidade de melhora com uma gestão de estoques adequada.

2.2.1.2 Determinar Eficiência de Linha

Tem como objetivo entender o fluxo do processo de produção para assim determinar a eficiência e aonde ela será medida. Assim, para cada linha, deve-se determinar o “gargalo” da capacidade da linha e estimar um fator de eficiência para os valores obtidos.

Esta eficiência de linha tem como base de cálculo:

- A qualidade da produção
- A precisão e média da produção de acordo com o programado
- O tempo gasto não programado
- A quantidade de perdas e imprevistos
- Variáveis que aconteceram ou podem ocorrer ao longo do ano

O gargalo é definido por restrições em alguma etapa de produção, como por exemplo uma parte intermediária da linha ter capacidade menor que uma etapa inicial, limitando a produção total a essa menor capacidade.

2.2.1.3 Levantar Restrições para a Programação da Produção

Tem como objetivo estudar o tempo útil de produção para assim possibilitar uma otimização da programação da produção. Para isto deve-se determinar: o tempo total disponível, o tempo de mudança de um produto na linha e parâmetros e restrições da linha (lotes mínimos, restrições de equipamentos para mudanças de produto, mínimos e máximos de horas extras, histórico de eficiência humana e dos equipamentos).

Este tempo útil refere-se ao tempo total que será disponibilizado a produção propriamente dita, ou seja, apenas o tempo em que será realmente produzido.

2.2.2 Definição da Estratégia

2.2.2.1 Determinar a capacidade útil da linha

Tem como objetivo determinar a probabilidade do sistema de produção suportar o planejamento de acordo com a demanda. Deve-se determinar a capacidade útil da linha (horas disponíveis para produção e capacidade e confiabilidade da linha) e a capacidade dos elementos ligados a ela (suprimentos, empacotamento, distribuição). Esta capacidade leva em conta o tempo de produção útil determinado anteriormente.

Esta parte do planejamento é essencial e deve responder as seguintes perguntas :

1. Quanto de cada recurso de produção está disponível? A capacidade de produção em cada período de tempo pode ser restrita por fatores como número de trabalhadores, número de máquinas e as eficiências destes (determinada anteriormente).

2. Quanta capacidade cada tipo de produto necessita? A quantidade de recursos necessários para produzir um único produto permite a transformação da demanda em necessidades de capacidade de produção. Padrões de trabalho (horas de trabalho por produto por exemplo) podem ser usados para transformar a demanda em um número de recursos necessários

As tabelas 1 e 2 mostram um exemplo de cálculo de capacidade de uma linha :

Tabela 1 - Capacidades em caixas/hora

Capacidade da linha	500 caixas/hora
Eficiência da linha	75%
Capacidade Real	375 caixas/hora

Tabela 2 - Capacidade total da linha

	1 Dia	5 Dias	6 Dias	7 Dias
Horas Disponíveis	24	120	144	168
Almoços	1	5	6	7
Intervalos	1	1	1	1
Manutenção	0	2	2	2
Limpeza	0	1	1	1
Total de Horas	22	111	134	157
Capacidade (caixas)	8250	41625	50250	58875

Utilizando a eficiência da linha, diminuí-se a capacidade nominal da linha de 500 caixas por hora para uma capacidade dita real de 375 caixas por hora (75 % do valor nominal). Assim determina-se, através de horas disponíveis e turnos semanais (5, 6 ou 7 dias) o máximo que a linha pode produzir.

Uma relação a ser obtida de grande importância é a de demanda por tempo necessário para produção, isto é, qual o intervalo existente entre a geração de demanda e o tempo da real produção. Ela irá determinar a frequência e o quanto de antecedência deve-se produzir para suprir a demanda. Assim determina-se o sequenciamento da entrada de pedidos e da produção.

2.2.2.2 Definir o ciclo e a sequência

Tem com objetivo fornecer a estrutura para programar a produção para a demanda. Esta etapa é a principal da estratégia pois é através deste estudo que a estratégia irá se desenvolver.

Um dos principais objetivos de uma programação da produção, como citado anteriormente, segundo Corrêa, Giansi e Caon (1997), é minimizar os custos de inventário (também chamado de custo de armazenagem de produto acabado). Assim pretende-se alinhar e sincronizar demanda e produção ao máximo para assim reduzir o estoque ao menor tamanho possível, desde que não haja comprometimento do nível de serviço

E como solucionar este problema? Produzindo-se lotes pequenos, com mais frequência e de acordo com a demanda. Porém chega-se a um impasse: produzir lotes grandes tem um custo muito menor do que trocar frequentemente o produto na linha, pois há sempre um custo de troca (chamado de Custo de Changeover ou Custo de Mudança) em que diversos fatores são considerados como: tempo, lavagem da linha, troca de matéria prima, troca de embalagem, troca de ferramentas e dispositivos, troca de trabalhadores, entre outros.

Assim, o grande desafio da gestão de estoques pela demanda é promover o balanço entre este custo de armazenagem e o custo de mudança de acordo com a demanda, como esquematicamente indicado na Figura 4

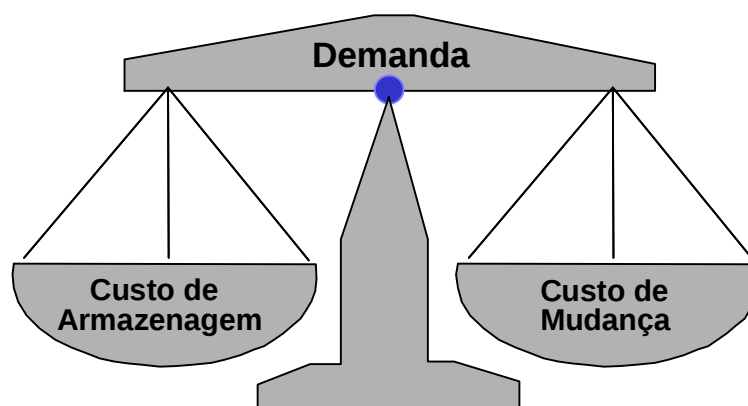


Figura 4 - Balanço a ser determinado

Pode-se produzir mais com menos frequência, assim diminuindo custos de troca, mas aumentando o nível de estoque. Mas pode-se também produzir menos com maior frequência, assim diminuindo os custos de armazenagem, mas aumentando os custos de produção e fornecimento. Chega-se assim no objetivo: determinar o tamanho de lote que possibilite a melhor relação entre estes custos.

Seguindo raciocínio demonstrado por Corrêa, Giansesi e Caon (1997), é preciso determinar o ponto de reposição de estoques. Todas as vezes que determinada quantidade de tal item é retirada do estoque, é verificada a quantidade restante. Se esta quantidade restante é menor que uma quantidade predeterminada (chamada de “ponto de reposição”), compra-se ou produz-se uma determinada quantidade denominada “Lote de Reposição”. Para determinar o ponto de reposição, considera-se o tempo que o fornecedor leva para entregar a quantidade pedida para ressuprir o estoque (tempo de ressuprimento ou “lead time”). Quando a demanda se dá de forma mais ou menos estável, pode-se aproximar o modelo de reposição como indicado na Figura 5:

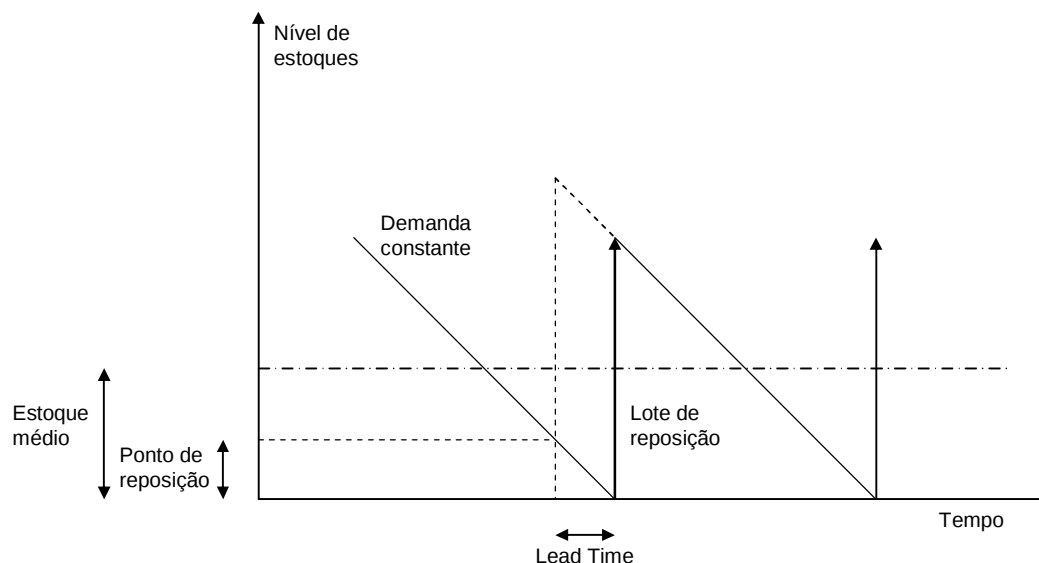


Figura 5 - Modelo de reposição

Neste gráfico simples observa-se o tempo entre o pedido e entrega do fornecedor (“Lead Time”) e o ponto de reposição explicado acima. Este ponto de reposição é calculado pela simples fórmula:

$$PR = D \times TR$$

No qual se tem:

- PR – Ponto de reposição (toneladas)
- D – Taxa de demanda constante (toneladas por tempo)
- TR – Tempo de reposição (“Lead Time”)

Agora deve-se determinar o tamanho ideal do lote de produção. O tamanho ideal compreende aquele em que há o menor custo total envolvendo todas as etapas. Para determinar o Lote Econômico (LE) ou Lote Ideal (LI) utiliza-se uma simples modelagem matemática. Para isto é preciso calcular os custos envolvidos no processo. Os custos de armazenagem crescem de acordo com o aumento do lote, já os custos de mudança do produto na linha (custos de câmbio) diminuem com o aumento do lote, portanto o custo mínimo é atingido igualando-se essas duas grandezas.

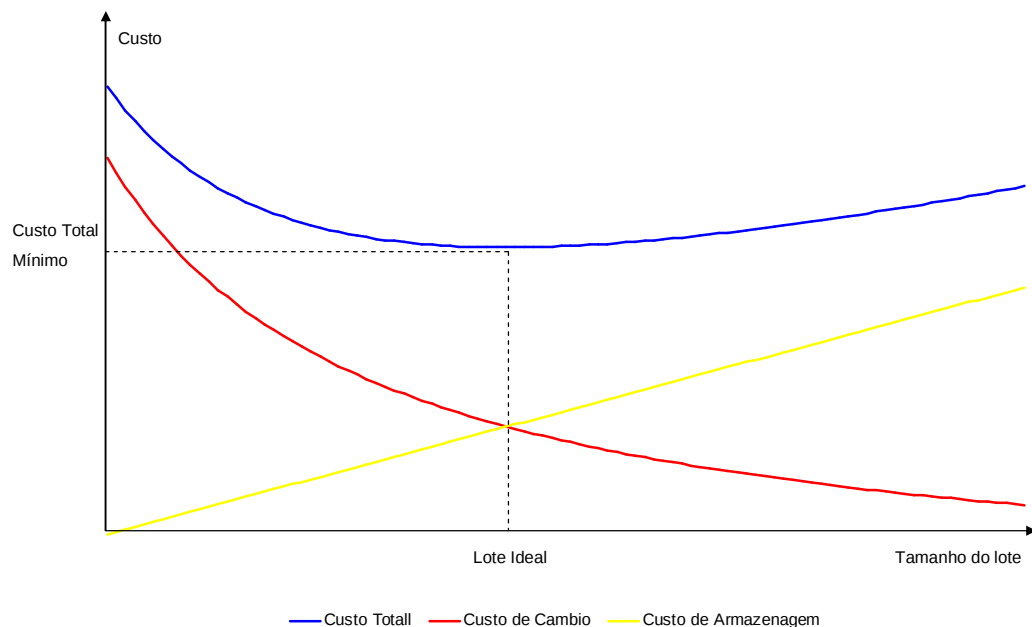


Figura 6 - Determinação do lote ideal

No gráfico da figura 6 percebe-se que o ponto de custo mínimo é determinado de acordo com o local em que as curvas de custo de câmbio e armazenagem se cruzam.

Os custos totais de armazenagem podem ser calculados multiplicando-se o estoque médio (lote ideal ou de reposição dividido por 2, mostrado na figura 5) pelo custo unitário de estocagem, sendo expresso pela relação:

$$CTA = CE \times \frac{LI}{2}$$

Na qual se tem:

- CTA – Custo total de armazenagem
- CE – Custo unitário de estocagem
- LI – Lote ideal ou Lote de reposição

Este custo unitário de estocagem leva em conta diversas variáveis além do próprio custo relacionado a armazenagem. Ele inclui também o chamado Supply Chain Cost (custo de cadeia de suprimentos), sendo assim:

$$CE = CA + SCC$$

No qual se tem:

- CA – Custo unitário de armazenagem
- CE – Custo unitário de estocagem
- SCC – Custo unitário de cadeia de suprimentos

Os Custos de Mudança do produto na linha são determinados pelo número total de trocas feito ao longo do ano (calculado pela divisão da demanda anual pelo tamanho do lote ideal) multiplicado pelo custo por cada troca (Changeover cost), calculados pela relação:

$$CT = \frac{DA}{LI} \times CM$$

No qual se tem:

- DA – Demanda anual

- CM – Custo unitário de mudança (custo por cada troca)
- CT – Custo de troca

Para se atingir o Custo total mínimo, é preciso igualar os 2 custos (custo total de armazenagem e custo de troca), ou seja:

$$CT = CTA$$

$$\frac{DA}{LI} \times CM = (CA + SCC) \times \frac{LI}{2}$$

Sendo assim, obtêm-se a expressão para calculo do lote ideal de produção:

$$LI = \sqrt{2 \times \frac{(DA \times CM)}{(CA + SCC)}}$$

Na qual se tem:

- DA – demanda anual em toneladas ou caixas, obtida com o histórico anterior e previsão
- CM – custo unitário de mudança de produto na linha
- CA – custo unitário de armazenagem do produto acabado (custo relativo ao estoque)
- SCC (Supply Chain Cost) – custo de cadeia de suprimentos

2.2.2.2.1 Determinar a capacidade requerida pela demanda

Analisa-se, com valores do histórico da demanda, a quantidade de semanas do ano que são supridas com determinada produção.

Não se pode ajustar a produção de acordo com a demanda máxima de uma semana, pois isto compreenderá apenas a um pico, tornando a produção excessiva desnecessária nas outras semanas e contribuindo para a formação de estoques. Assim, deve-se determinar um valor que seja capaz de suprir a grande maioria das demandas semanais.

Para determinar este valor, determina-se o valor máximo de demanda ao longo do ano (através do histórico) e divide-se este valor para criar intervalos iguais de demanda. Após isto se determina o número de semanas ao longo do ano que se situam nestes intervalos, e plota-se o gráfico com estes intervalos e o número de ocorrência de demanda dentro deles. Também plota-se a porcentagem de demanda cumulativa.

Este estudo é melhor entendido com o exemplo da Figura 7.

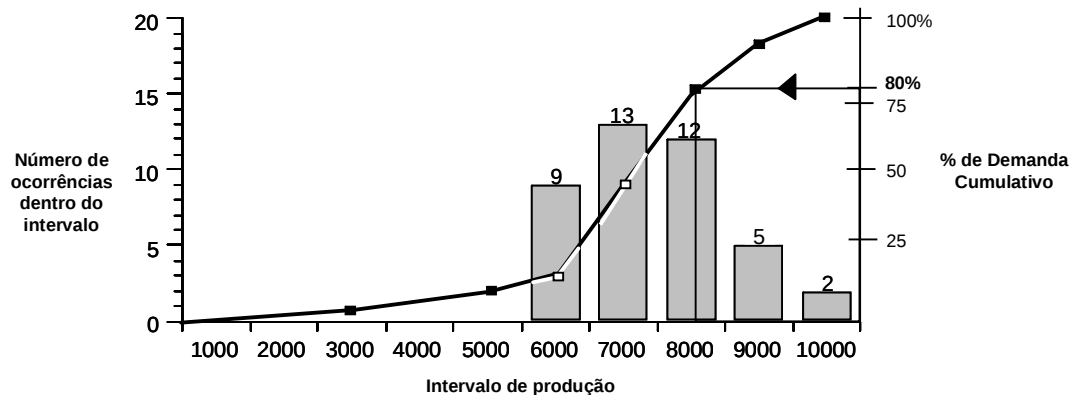


Figura 7 - Capacidade requerida pela demanda

No exemplo da Figura 7 observa-se que com uma produção semanal de 8000 caixas supre-se a demanda de 80% das semanas, sendo esta a demanda requerida que será utilizada para planejamento da produção.

Agora será conciliado o valor do lote ideal determinado na etapa anterior, com o valor da demanda semanal determinado nesta etapa. Assim, calcula-se uma razão que irá determinar a frequência de produção do produto na linha, ou seja, com qual frequência o determinado produto deve entrar em produção de acordo com o seu lote ideal e com sua demanda semanal.

Esta frequência de produção (FP) é determinada por:

$$FP = \frac{LI}{DS}$$

No qual se tem:

- LI – lote ideal determinado anteriormente
- DS – demanda semanal de um certo produto (não a máxima)

Se o valor de FP for igual a 1, isto significa que o tamanho do lote ideal é igual a demanda semanal, isto significa que a produção deve ocorrer semanalmente. Assim o resultado determinará a frequência de produção :

- $FP < 1$ Produção deve ser ter mais de uma vez por semana (diariamente ou a cada 3 dias por exemplo)
- $FP = 1$ Produção deve ser semanal
- $FP > 1$ Produção deve ter frequência menores que 1 semana (mensalmente ou quinzenalmente por exemplo)

2.2.2.2.2 Determinar a ordem de produção por linha

Considera-se a frequência de produção do produto e o tempo de troca de produto na linha (tabela de troca de produtos). Também se leva em conta o tempo de produção disponível determinado anteriormente. Na Figura 8 pode-se observar um exemplo de tempos de troca, no qual os números indicam o tempo necessário para a troca de um produto para outro na linha.

	A	B	C	D
A		2	1	2
B	2		1	1
C	1	1		2
D	2	1	2	

Figura 8 - Tabela com tempos de troca

Com estes valores, determina-se então a ordem de produção (Figura 9) manualmente de acordo com a FP (Frequência de produção), que será utilizada na próxima etapa da estratégia.

Produto		1	2	3	4	5	6
A,B	Diariamente						
C	Semanalmente	AB,AB,AB,AB,ABC	AB,AB,AB,AB,ABC	ABD,AB,AB,AB,ABC	AB,AB,AB,AB,ABC	AB,AB,AB,AB,ABC	ABD,AB,AB,AB,ABC
D	Cada 3 Semanas						

Figura 9 - Exemplo de ordem de produção

Para chegar nos resultados da Figura 9, é necessário estabelecer a melhor seqüência de produção baseado nos tempos de troca da Figura 8. Mais adiante será discutida uma estratégia para se fazer isto.

2.2.2.2.3 Determinar a seqüência e freqüência de produção

Agora de posse de todas as informações, determina-se a produção de acordo com a demanda, programando-a diariamente. Esta produção deve levar em conta a capacidade de produção semanal.

Na Tabela 3 observa-se um exemplo em que devido à demanda total ser de 8526 caixas e a capacidade de produção ser de 90 caixas por hora, são necessárias 95 horas para produzir 8550 caixas e suprir a demanda.

Tabela 3 - Exemplo de Horas necessárias para produção

Produção Semanal com 90 caixas por hora			
Produto	Demanda	Horas Necessárias	Produção
A	4750	53	4770
B	2250	25	2250
C	1200	13	1170
D	326	4	360
Total	8526	95	8550

Utilizando dados obtidos nas etapas anteriores (tempo de troca de produto por linha, lote ideal e freqüência de produção), obtem-se o exemplo de seqüência e freqüência de produção da Figura 10. Observa-se que o produto A é produzido diariamente, e o produto D que possui pouca demanda é produzido a cada 3 semanas. Esta seqüência demonstrada na Figura 10 é apenas um exemplo das diversas combinações possíveis.

	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta		
Semana 1	A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 150	B 250	C 1200
Semana 2	A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 150	B 250	C 1200
Semana 3	D 978	A 360	B 270	B 570	A 1400		A 1400	B 570		B 570	A 1400		A 180	B 270	C 1200
Semana 4	A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 150	B 250	C 1200
Semana 5	A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 1150	B 500		B 500	A 1150		A 150	B 250	C 1200
Semana 6	D 978	A 360	B 270	B 570	A 1400		A 1400	B 570		B 570	A 1400		A 180	B 270	C 1200

Figura 10 - Exemplo de Frequência e Sequenciamento

É importante salientar que a estratégia fornece os dados necessários para a elaboração deste sequenciamento. Após obter todos os dados e processá-los para se obter as frequências de produção necessárias para suprir a demanda, é necessária a elaboração da seqüência ideal “manualmente”, ou seja, analisando todas as combinações possíveis. Esta etapa deve ser executada através de um workshop² envolvendo as diversas áreas responsáveis para assim estabelecer as restrições do plano em conjunto.

2.2.2.3 Definir componentes de “Lead Time”

Tem como objetivo definir o tempo necessário entre movimentos e ações, com o objetivo de minimizar imprevistos à medida que se considera este tempo de reabastecimento ou reposição. Este valor é importante para determinar o ponto de reposição determinado na etapa 2.2.2.2. Nele devem ser considerados variáveis como : tempo entre pedido e execução, tempo de transporte, tempo de produção do fornecedor e outros parâmetros.

² Workshop – Palestra na qual a platéia participa das decisões com experiências e idéias, sendo o palestrante um “facilitador” e organizador da discussão.

2.2.2.4 Definir objetivos de nível de estoque

Definir nível de estoque que se deseja atingir por produto, analisando restrições e histórico da demanda. Este nível de estoque será determinado pela demanda, pelo tempo de reabastecimento (determinado na etapa anterior) e por variáveis que possam acontecer (assim determinando uma maior segurança ao se considerar variáveis)

Este nível de estoque/inventário é calculado pela soma:

$$\text{Nível de estoque desejado} = \frac{\text{Demanda média para um determinado período}}{\text{Tempo para Reabastecimento}} + \text{Variáveis}$$

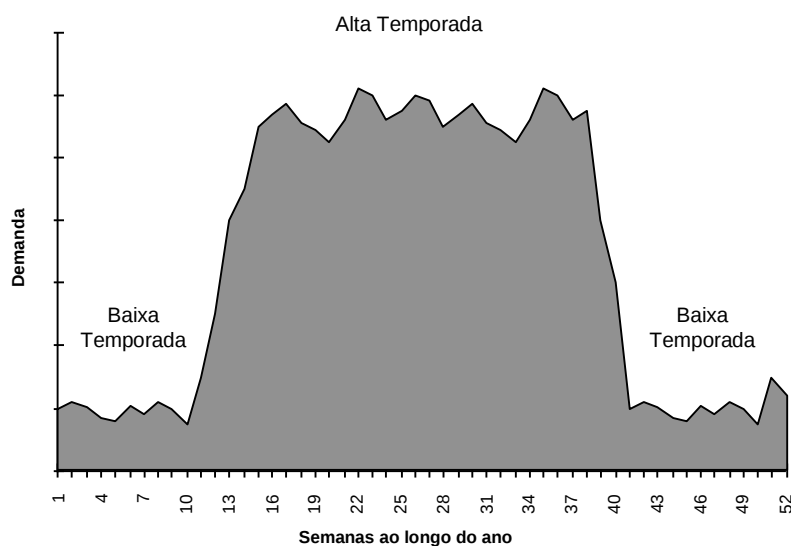


Figura 11 - Exemplo de nível de estoque desejado ao longo do ano

No exemplo da Figura 11 observa-se que o nível de estoque que se deseja atingir no período de alta temporada é maior, já que a demanda é maior.

2.2.3 Implementar Estratégia

Após todos os estudos numéricos serem feitos, e todos os dados serem levantados, a estratégia deve ser implementada e seus resultados medidos.

2.2.3.1 Programar Produção

A produção deve considerar a demanda por reabastecimento, que considera o nível de estoque desejado, o estoque atual armazenado e o estoque em trânsito (já produzido e a caminho do armazenamento)

2.2.3.2 Execução da Programação

2.2.3.2.1 Determinar regras de reabastecimento e de estoque

Deve-se determinar a política de estoque e o estoque de segurança, que leva em conta diferentes fatores:

- Grandes variações imprevistas na demanda – Se há um estouro de vendas, falta produto, por isso é necessário saber o histórico para determinar o estoque de segurança necessário.
- Valor de estoque – Quanto maior o valor do produto e assim do estoque dele, maior vai ser o capital parado. Também há custos com o armazenamento.
- Data de validade – Produtos com baixo prazo de validade devem ter o menor estoque possível para minimizar perdas
- Capacidade e prioridade – Deve-se analisar a capacidade total de armazenamento e a prioridade de produto para produto (certo clientes-chave possuem prioridade de produção)

2.2.4 Repetir Estudo

Situações como promoções, combos³, mudança de preço e mercado, inovações e outros exigem um novo estudo da estratégia, pois a demanda irá se alterar.

Determina-se um período para análise de melhorias e um prazo para novos estudos e mudanças, normalmente de 3 em 3 meses.

2.3 Indicadores de Desempenho

São muito importantes para indicar a diferença dos números em relação ao processo passado, bem como apontar outras oportunidades de melhoria. Estes indicadores estão todos correlacionados e uma combinação de resultados positivos de todos eles é que garantirá o sucesso da implementação da estratégia. Alguns indicadores mais importantes serão demonstrados a seguir.

2.3.1 Dias de Cobertura de Estoque

Este indicador mostra o nível de inventário em dias de cobertura, ou seja, se a produção fosse parada, quantos dias de estoque ainda estariam disponíveis para abastecer a demanda. Tem como objetivo atingir o nível de estoque desejado

2.3.2 Pendente por Estoque

Este indicador demonstra a porcentagem de caixas não entregue em relação ao número total de pedidos. Isto acontece quando não há estoque para abastecer a demanda e impacta diretamente no nível de serviço da companhia. Com ele mede-se a eficiência das regras da política de estoque e do estoque de

³ Combos – situação de promoção na qual um desconto é oferecido na compra de mais de produtos diferentes

segurança, bem como a precisão do planejamento da demanda e da produção (planejamento de uma sazonalidade por exemplo)

2.3.3 Nível de Serviço

Exatamente o contrário do pendente por estoque. É a porcentagem das caixas entregues em relação ao número total de pedidos. O grande objetivo é obter um valor de 100% de entregas com o mínimo custo de estoque possível, pois de nada adianta entregar todos os pedidos e ter um estoque gigante.

2.3.4 Erro da Estimativa de Venda

Este indicador demonstra a diferença entre o número de caixas vendidas e o número de caixas que se previa que seriam vendidas. Ele determina a precisão do planejador em analisar históricos e prever oscilações. Tem como objetivo o valor nulo, que se fosse possível, poderia eliminar o estoque de segurança e tornar a produção o mais próximo do Just in Time⁴.

2.3.5 Eficiência de Linha

Este indicador faz a relação entre o que era planejado para se produzir e o que realmente foi produzido. Este número deveria ser 100%, porém inúmeros imprevistos acontecem, e portanto este valor é utilizado para determinar a eficiência de uma linha de produção.

⁴ Just in Time - Termo usado para indicar que um processo é capaz de responder instantaneamente à demanda, sem necessidade de qualquer estoque adicional, seja na expectativa de demanda futura, seja como resultado de ineficiência no processo.

3 RESULTADOS DE UMA IMPLEMENTAÇÃO PASSADA

Como dito anteriormente, esta estratégia já foi implementada em diversas linhas de produção de grandes empresas. O procedimento é simples porém traz grandes resultados positivos e requer muita quantidade de dados. Muitas variáveis devem ser consideradas também e se forem ignoradas podem levar ao fracasso do processo e trazer o estudo ao seu começo .

O exemplo a seguir é real e foi implementado em agosto de 2004.

Uma indústria multinacional Anônima contratou uma empresa de consultoria que já havia implementado esta estratégia em outras empresas para realizar o estudo em uma de suas linhas de produtos do ramo de alimentos.

Este estudo foi realizado em uma linha com 5 produtos diferentes, sendo estes constituídos de 3 produtos de mesma formulação, mas de volumes de embalagem diferentes (produtos A, B e E) e outros 2 (produtos C e D). Esta observação é necessária pois há uma diferença na tabela de tempos de troca de produto. Embora A, B e E sejam da mesma formulação, eles necessitam de muito mais tempo para troca entre si, pois é necessária a troca da linha de embalagens, que é muito mais demorada (gargalo da produção).

A seguir serão demonstradas algumas etapas, cálculos, estudos e principalmente a potencialidade da estratégia como um todo e seus resultados positivos. As tabelas de origem dos dados não serão mostradas por motivos confidenciais.

3.1 Obter Dados de Demanda

Foi levantado o histórico de 1 ano de vendas (em toneladas) de cada um dos produtos. Este histórico foi obtido em semanas e em toneladas e para todos os produtos. Na Figura 12 pode-se ver o histórico do produto A.

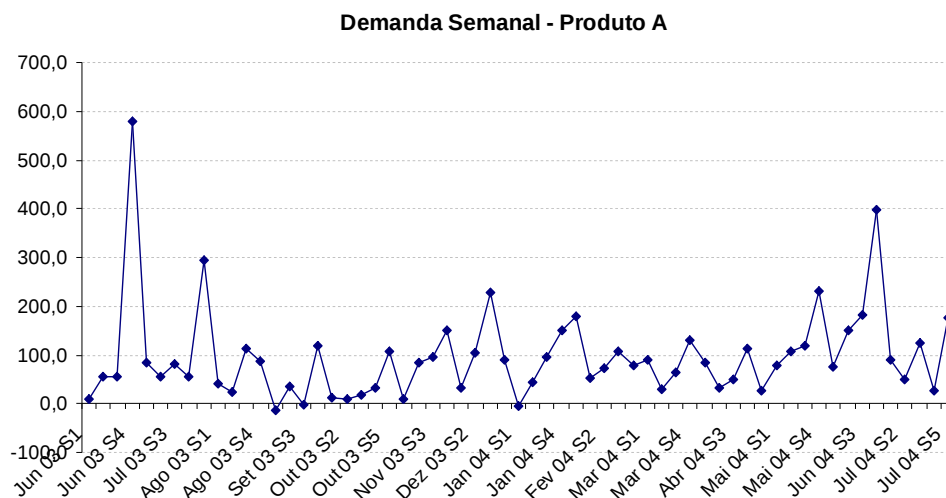


Figura 12 - Gráfico da demanda semanal do produto A

Com esses dados de demanda, junto com os dados das previsões que foram feitas na época, foi obtido o Erro de Estimativa de Vendas (demonstrado anteriormente). Este valor é usado em conjunto com a eficiência da linha para determinar a confiabilidade no número da previsão de vendas e a real capacidade de produção

O Faseamento é necessário pois ele mede a porcentagem da demanda que é concentrada na ultima semana do mês, isto é relevante na indústria, visto que os pedidos se concentram nesta ultima semana, demonstrando uma sazonalidade dentro do próprio mês.

A participação na linha demonstra o quanto que a demanda do produto representa da produção

Na Tabela 4 tem-se os dados obtidos dos produtos A, B, C, D e E, junto com o Erro de Estimativa de Vendas calculado, o faseamento da última semana e a participação em volume no número total da linha

Tabela 4 - Dados de Demanda

Dados de Demanda					
Produto	A	B	C	D	E
Demanda anual (Tons)	4577,6	341,4	1304,1	75,5	76,7
Média Semanal (Tons)	88,0	6,6	25,1	1,5	1,5
Faseamento	38%	38%	40%	30%	100%
Erro de Estimativa	55%	62%	52%	61%	37%
Participação na linha	72%	5%	20%	1%	1%

Com dados da produção que foi solicitada, comparado com dados da produção que foi realmente efetuada, determinou-se a eficiência da linha, indicado na Figura 13 :

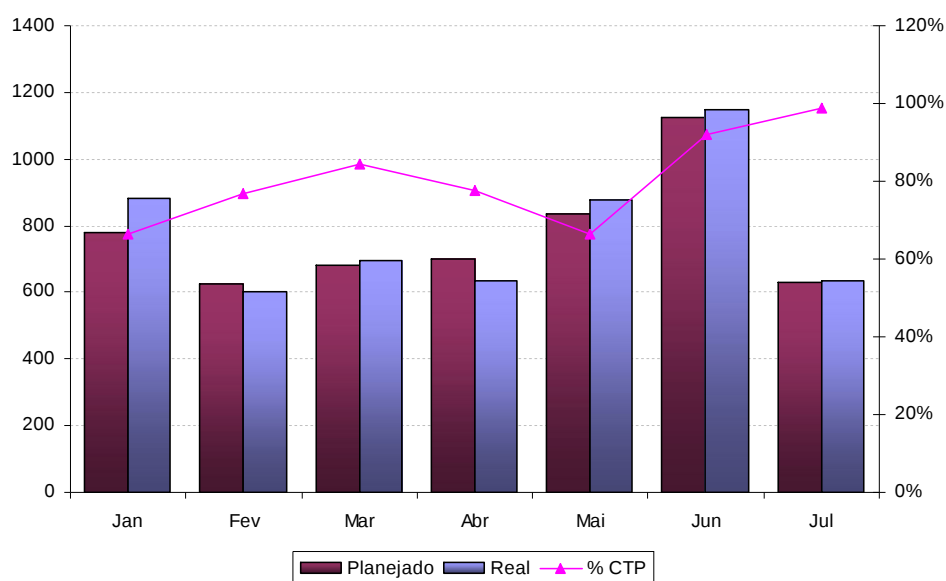


Figura 13 – Eficiência da linha

3.2 Definição da Estratégia

Primeiro foi determinada a capacidade útil da linha, considerando-se que a capacidade operacional é 1,42 toneladas/hora para qualquer um dos produtos, determinou-se a quantidade de horas necessárias para cada produto.

Tabela 5 - Horas de produção necessárias

Horas Necessárias para Produção de Cada produto														
Produto/Mês	jul/03	ago/03	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	fev/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04
A	403	189	97	125	240	323	326	219	221	217	377	568	329	40
B	15	12	12	18	17	18	13	18	21	23	33	27	27	9
C	130	41	42	59	75	93	70	84	91	59	101	108	99	17
D	10	4	2	3	4	4	7	6	2	3	3	9	6	2
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	35
Total	559	246	153	205	335	438	416	328	336	302	514	712	516	102

A distribuição deste tempo de produção necessário é melhor visualizada através do gráfico da Figura 14.

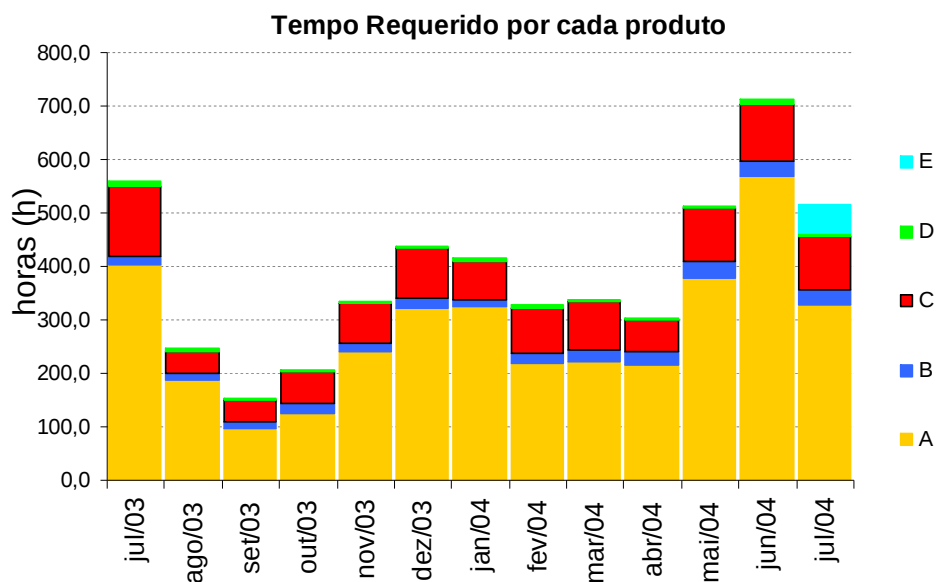


Figura 14 - Horas necessárias de produção

Com a eficiência da linha (de 93%), foi determinada a capacidade da linha de produção, em ritmos baixo (fins de semana de folga), médio (com metade de sábado) e alto (produção máxima), como indicado na Tabela 6.

Tabela 6 - Capacidade total real da linha

Capacidade da Linha			
Confiabilidade da linha	93%		
Capacidade (horas)	Baixo	Médio	Alto
Domingo	0	0	23
Sábado	0	14	24
Segunda a Sexta (h)	24	24	24
Total Sem	120	134	167
Capacidade	112	125	155

Comparando as Capacidades de produção Real com os diferentes ritmos e a Capacidade requerida pela demanda (Figura 12), pode-se visualizar o tempo disponível e o tempo requerido, como indicada na Figura 15.

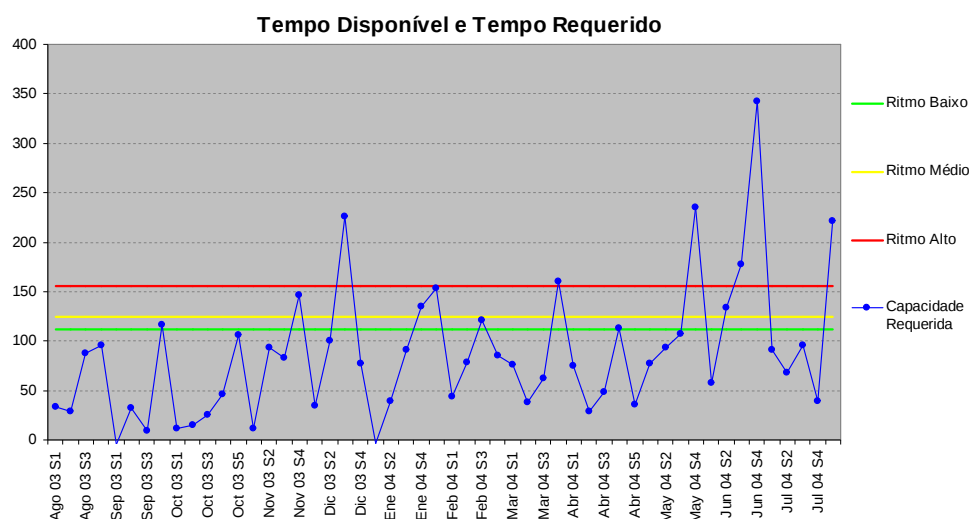


Figura 15 - Tempo Requerido e os Ritmos de produção

Assim foi determinada os valores para a linha de produção. Após isto foi determinado os valores referentes a demanda.

Seguindo o raciocínio explicado anteriormente, determinou-se o lote ideal através da formulação:

$$LI = \sqrt{2 \times \frac{(DA \times CM)}{(CA + SCC)}}$$

Chegando-se assim aos valores constantes da Tabela 7.

Tabela 7 - Determinação do lote ideal

Determinação do lote ideal					
Produto	A	B	C	D	E
DA - Demanda Anual (ton)	4578	341	1304	76	77
SCC - Supply Chain Cost (\$/ton)	1188	1256	1287	1366	1133
CA - Custo de Estoque (\$/ton)	217	206	206	206	168
CM - Custo de Mudança	118	118	118	118	118
FC - Custos Financeiros	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
LI - Lote Ideal	53	15	28	7	7

Este lote ideal também foi determinado pelo método gráfico para melhor visualização, como indicado na Figura 16 para o produto A.

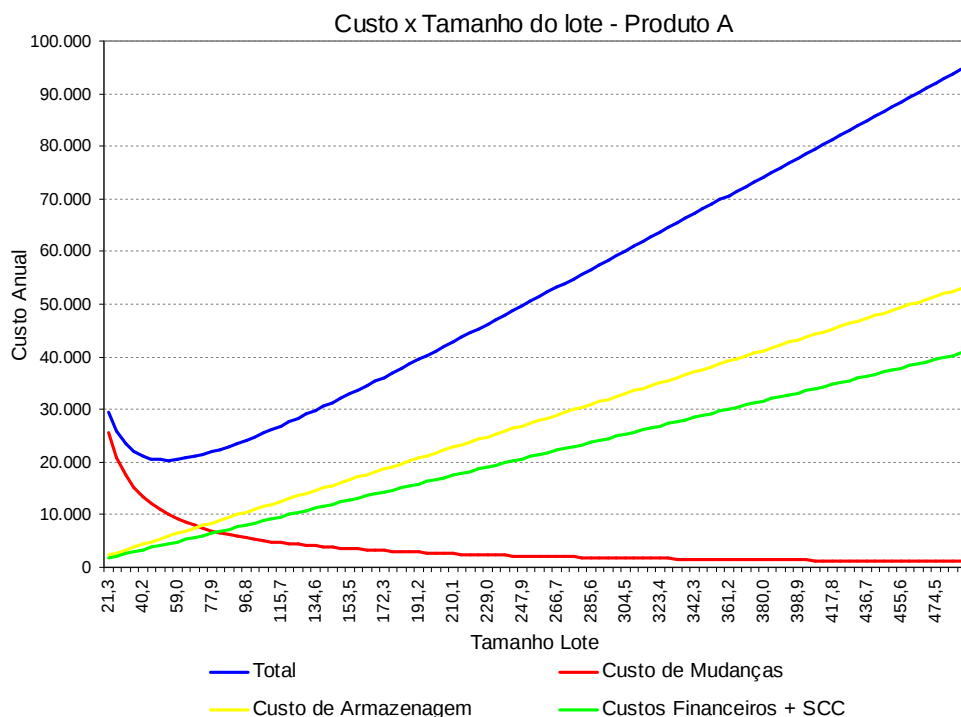


Figura 16 - Determinação através do método gráfico

Observa-se no gráfico que o ponto mínimo da linha azul (custo total) coincide com o valor determinado no algoritmo para o produto A

Com estes valores, foi determinada a capacidade requerida pela demanda. Esta capacidade leva em conta atender a 80% da semanas do ano, como explicada

anteriormente, e determina uma nova demanda para cada produto (no caso do produto A, a demanda requerida foi 128,6 toneladas por semana)

Para fazer este cálculo determina-se o máximo da demanda e divide-se em 10 intervalos (valor considerado suficiente dada a grandeza da demanda), calculando a quantidade de semanas que estão dentro de cada intervalo. Assim determina-se a porcentagem acumulada de semanas e calcula-se a demanda que corresponde a 80% das semanas, chegando-se assim a Tabela 8:

Tabela 8 - Determinação da nova demanda

Capacidade Requerida pela Demanda no produto A

	Mínimo	Máximo	Número de Semanas	Semanas Acumuladas	Porcentagem Acumulada de Semanas
Total	0	397,056			
Intervalo 1	0	39,7	12	12	24%
Intervalo 2	39,7	79,4	10	22	45%
Intervalo 3	79,4	119,1	16	38	78%
Intervalo 4	119,1	158,8	5	43	88%
Intervalo 5	158,8	198,5	3	46	94%
Intervalo 6	198,5	238,2	2	48	98%
Intervalo 7	238,2	277,9	0	48	98%
Intervalo 8	277,9	317,6	0	48	98%
Intervalo 9	317,6	357,3	0	48	98%
Intervalo 10	357,3	398	1	49	100%

No gráfico da Figura 17 pode-se visualizar melhor esta determinação, na qual no eixo y estão os intervalos de demanda, no eixo x estão os números de semana que estão dentro de cada intervalo e também a porcentagem de semanas acumuladas. O valor da demanda requerida está entre o intervalo de 119,1 e 158,8.

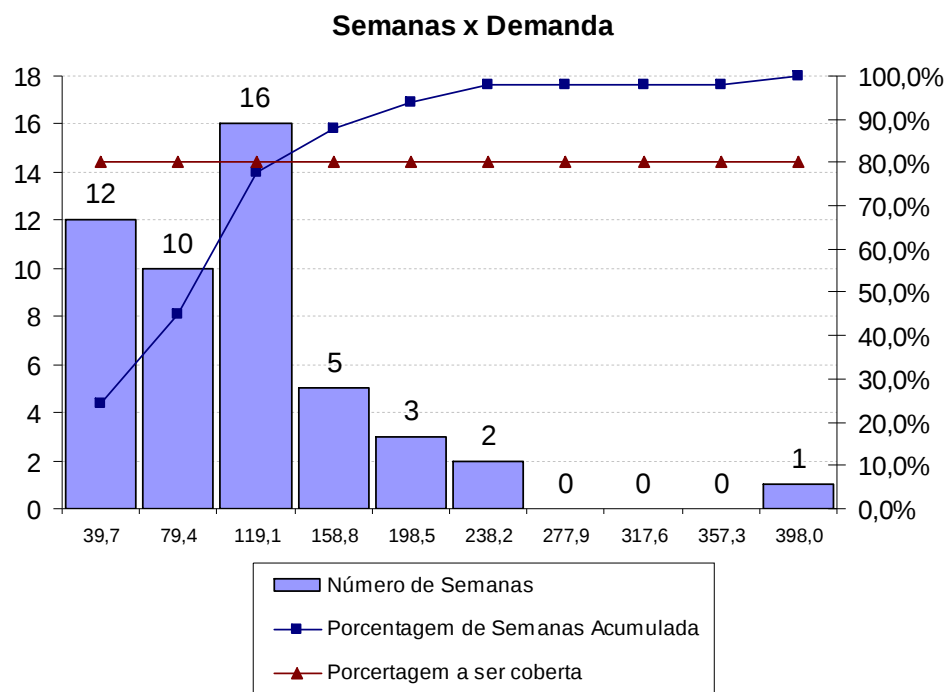


Figura 17 – Demanda necessária para atender 80% das semanas

Após isto foi determinada a frequência de produção, com a divisão da demanda requerida determinada anteriormente (e não a média da demanda semanal) pelo lote ideal, obtendo-se os valores apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Determinação da frequência de produção

Frequência de Produção Semanal					
Produto	A	B	C	D	E
Demanda Requerida	128,6	7,6	27,8	2,1	1,9
Lote Ideal	53	15	28	7	7
Frequência de Produção	0,6	2,3	1,1	5,0	5,4

Assim determina-se que a frequência de produção de C é semanal, de B é quinzenal, de D e E é mensal e de A é diária (de acordo com resultados de relações determinados anteriormente)

De acordo com dados de produção é determinada a tabela de troca de produtos na linha. Embora A, B e E sejam da mesma formulação, eles necessitam de muito mais tempo para troca entre si pois é necessária a troca da linha de

embalagens, que é muito mais demorada. Assim observa-se a tabela de tempo de trocas na Figura 18.

Tempo de troca (horas)								
De / Para	A	B	E		De / Para	A,B,E	C	D
A		2	8		A,B,E		0,5	0,5
B	2		8		C	2		0,5
E	8	8			D	2	0,5	

Figura 18 - Tempos de Troca

De posse de todos os estudos, foram determinadas manualmente as ordens de produção, para minimizar ao máximo os tempos de troca, para meses com 4 e 5 semanas, como indicado nas Figuras 19 e 20.



Figura 19 - Ciclo em meses com 5 semanas

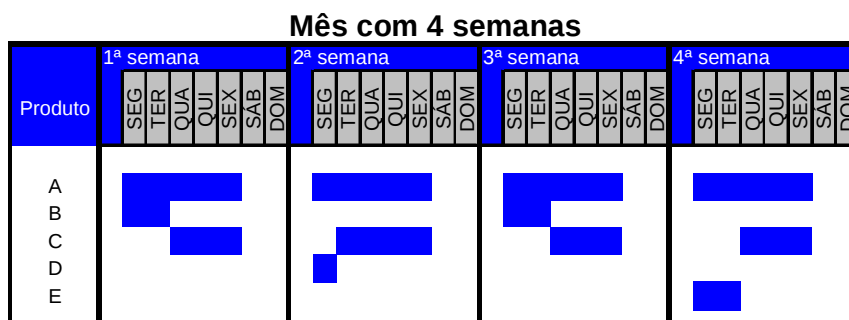


Figura 20 - Ciclo em meses com 4 semanas

3.3 Implementação da Estratégia

Esta implementação foi feita em outras linhas, totalizando 3 linhas e 11 produtos. Após 2 anos e meio de implementação, foi levantado um feedback dos resultados demonstrados na

Tabela 10, sendo os valores expressos em toneladas.

Tabela 10 - Resultados da estratégia

Evolução dos números após a implementação

	2003	2004	2005	2006
Estoque	13237	7945	6617	6566
Vendas	12891	11969	14641	13257
Pendente por Estoque	5,50%	2,80%	1,30%	1,60%
Dias de Cobertura de Estoque	31	20	14	15

O resultado foi que metade do portfólio⁵ de produtos passou a ter frequência de produção semanal, isto proporciona uma redução de estoques e um aumento na flexibilidade da produção para atender demandas diferenciadas.

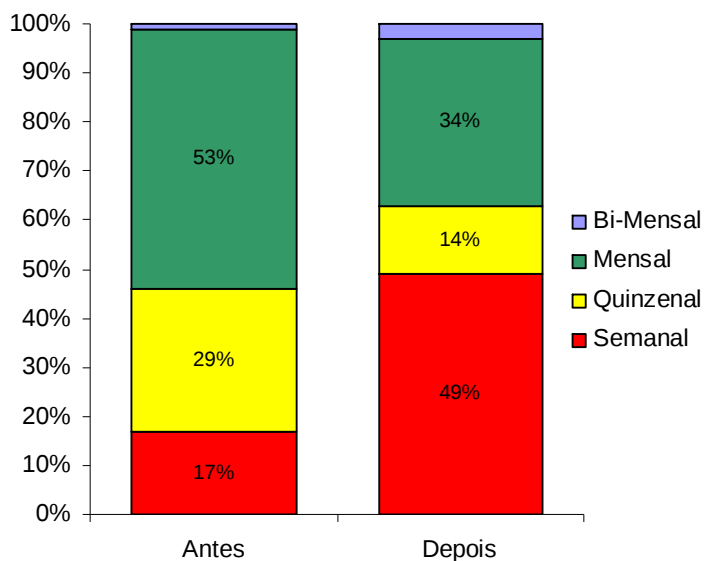


Figura 21 - Frequência de produção do portfólio

⁵ Portfólio – número de produtos diferentes que uma empresa possui

Assim o nível de estoque diminuiu, o indicador de dias de cobertura diminuiu, e o Nível de Serviço aumentou, ou seja, o Pendente por Estoque diminuiu por causa da maior flexibilidade da produção e programação da mesma, o que minimiza possíveis imprevistos como falta de fornecimento de matéria-prima. O gráfico da Figura 22 mostra a evolução do nível dos estoques e dos dias de cobertura, já o da Figura 23 mostra os resultados no número de pendentes por estoque.

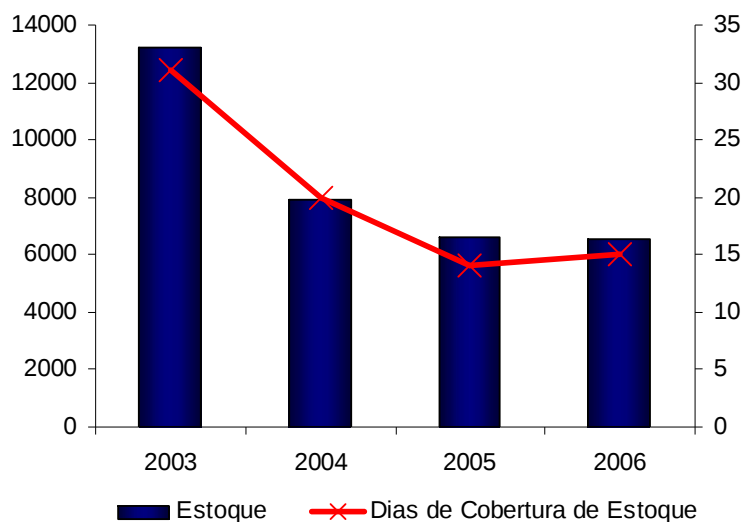


Figura 22 - Gráfico do nível de estoque

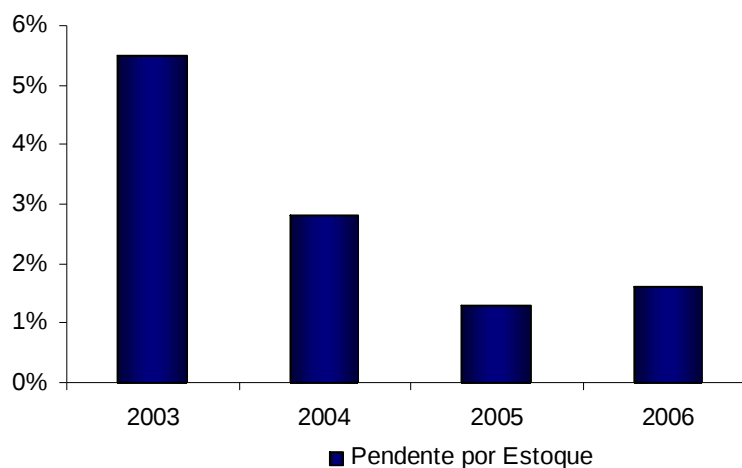


Figura 23 - Evolução do pendente por estoque

Estes resultados comprovaram a eficiência da estratégia, que apesar de ser simples de ser implementada, proporciona grandes resultados. A grande dificuldade dela está em se obter todos os dados necessários e prever as variabilidades e imprevistos, como toda programação da produção.

4 APLICAÇÃO DA ESTRATÉGIA

Para implementar a estratégia foi escolhida uma linha de produção de diversos tipos de alimentos, situada em uma fábrica no interior do estado de São Paulo. Esta linha possui 32 produtos diferentes.

Por ter muitos produtos diferentes, a complexidade deste estudo é muito grande, por isso serão assumidas diversas simplificações que serão explicadas a medida que forem adotadas.

Vale lembrar que esta estratégia será realmente implementada, já que faz parte do escopo de trabalho do autor, e ela terá dados reais. Não serão informados dados/detalhes sobre os produtos por razões de confidencialidade da empresa. Os produtos serão referidos por códigos, mas a descrição dos mesmos será ocultada.

Como dito anteriormente, esta estratégia possibilita obter todos os dados necessários para se programar uma sequência de produção. Porém a real determinação deste será feita através de uma maneira adicional ao método. Após a obtenção de todos os dados necessários e do cálculo dos mesmos para se obter os lotes ideais e as frequências de produção, será feito o sequenciamento ideal através de uma lógica definida pelo autor. Mesmo assim, será marcado um Workshop com integrantes de diversas áreas diferentes da empresa, para assim discutir o real sequenciamento da produção. Esta discussão trará em pauta principalmente experiências anteriores de profissionais de diversas áreas relacionadas.

Observa-se um fluxograma da aplicação da estratégia na Figura 24. As diferentes cores indicam as 3 etapas da aplicação que serão detalhadas mais adiante, sendo que na primeira etapa tem-se a obtenção de todos os dados necessários ao estudo (cor amarelo claro), a segunda etapa corresponde à definição da estratégia a ser seguida (cor verde) e a terceira etapa corresponde à implementação da estratégia, baseada nos resultados encontrados anteriormente (cor vermelha).

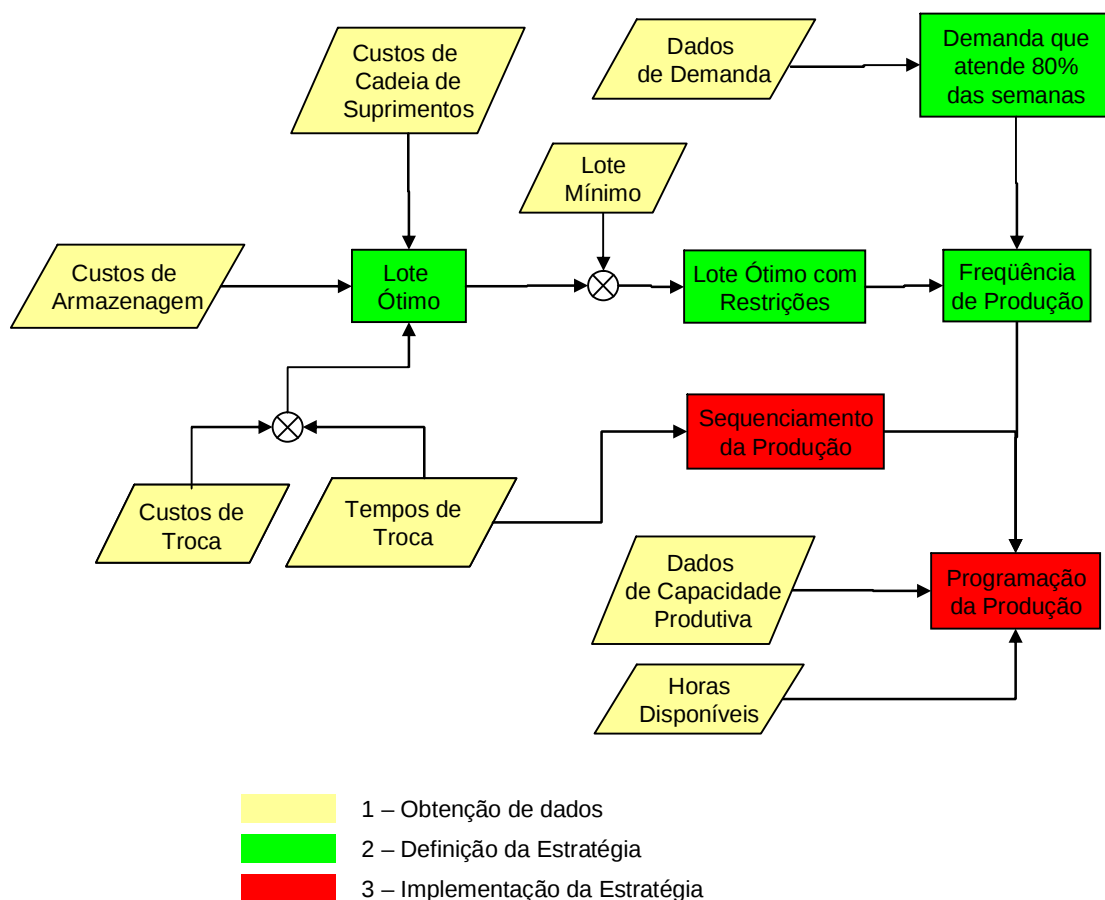


Figura 24 - Fluxograma da Aplicação da Estratégia

4.1 Obtenção de Dados

Para iniciar o estudo, foi requerido ao time de planejamento da empresa os dados históricos e de previsão de demanda. Esta demanda foi determinada semanalmente e mensalmente a fim de se obter a sazonalidade anual e dentro do próprio mês.

Os valores obtidos são resultados de todas as entradas de pedidos de clientes para assim determinar o que realmente foi demandado. Esta observação é necessário pois nem sempre o que é demandado é realmente entregue ao cliente. Diversos fatores podem influenciar na quebra dessa cadeia, porém será considerado o número total de entradas de pedidos, pois o grande objetivo é atender ao máximo a demanda do cliente. É apenas desconsiderado deste número

os pedidos cancelados. Os pedidos bloqueados (seja por crédito do cliente ou por outro motivo) e pedidos não entregues (que constituem o indicador Pendente por Estoque) não são excluídos deste número, pois eles constituem a demanda pelo produto como um todo.

Como o número de produtos diferentes nesta linha é muito grande, abaixo segue valor total de todos os produtos por semana de 2006 (Figura 25) e 2007 (Figura 26) da demanda em toneladas da linha estudada. Os valores de cada produto se encontram no Apêndice A.

Nota-se claramente o faseamento entre as semanas, nos quais os picos correspondem sempre à última semana dos meses. Esta característica, de possuir uma grande concentração de pedidos na ultima semana do mês, é bastante comum e regular no mercado de bens de consumo. Diversas ações são tomadas para tentar diminuí-la e torná-la mais constante ao longo do mês, como promoções ou bonificações para clientes que entrarem com pedidos no começo e meio do mês.

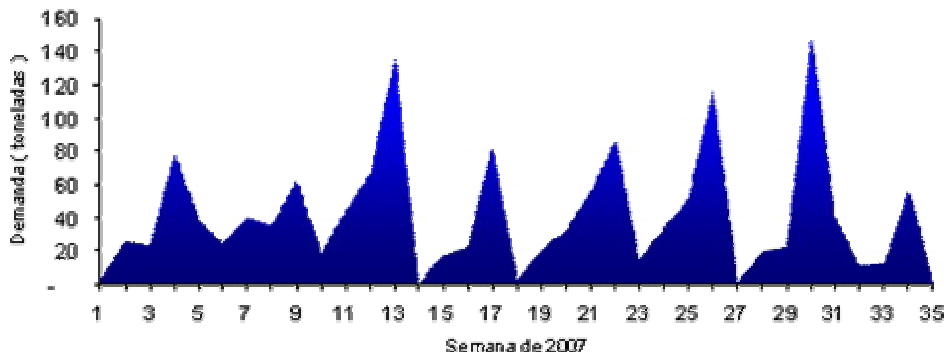


Figura 25 - Demanda total por semana da linha em 2007

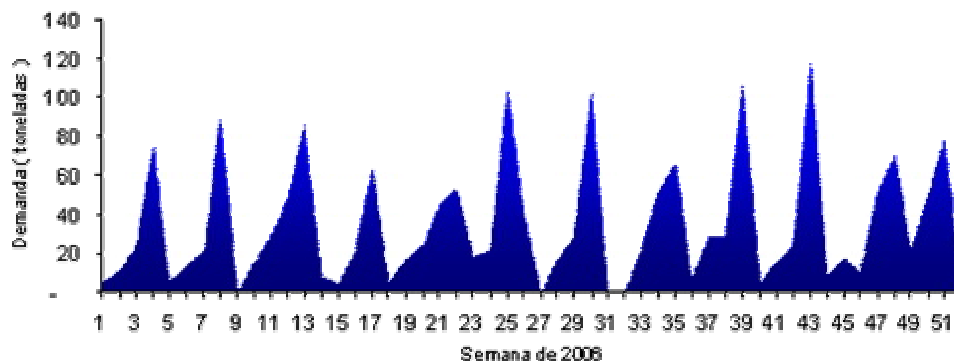


Figura 26 - Demanda total por semana da linha em 2006

Após determinar estes históricos de demanda, foi requerida a previsão de demanda para os próximos meses. Esta previsão é feita com diversos métodos estatísticos da empresa, e não será detalhada a sua maneira de obtenção também por motivos de confidencialidade. Ela é determinada mensalmente, e será comparada com o histórico mensal de demanda, como na Figura 27. Os valores para cada produto estão no Apêndice B

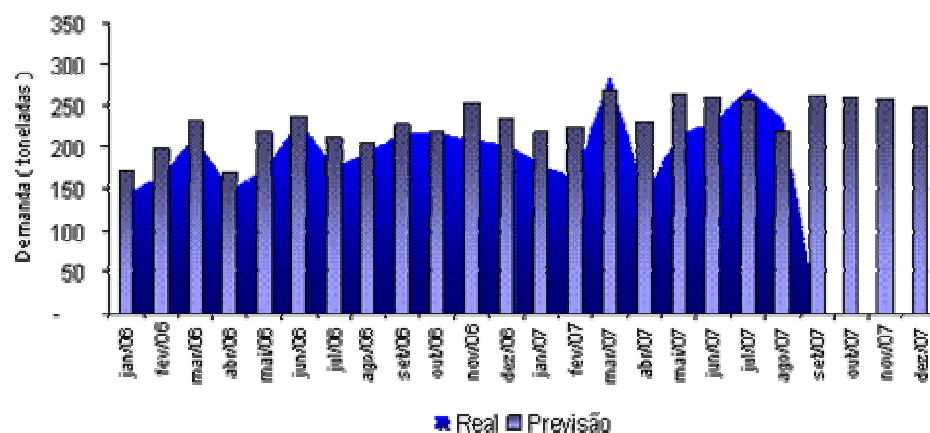


Figura 27 - Real x Previsão

Na Figura 27 nota-se que há um aumento na previsão para os últimos meses do ano. Nota-se também um comportamento similar em 2006 e 2007 com picos em março e junho. Isto indica uma regularidade na sazonalidade anual, e facilitará o nosso estudo, à medida que projeta-se a previsão das futuras produções com base no histórico.

Foram requisitadas às áreas de Marketing, Vendas e Trade Marketing uma posição sobre algum evento fora do comum no fim do ano. Isto é, se havia algum plano de efetuar uma campanha, promoção, combo ou mesmo de lançar um novo produto até o fim do ano. Estes eventos poderiam acabar causando um aumento na demanda normal e para isto deveria ser revista a previsão. A resposta obtida foi que não haverá mudança, apenas as mesmas campanhas efetuadas todo fim de ano (maior venda de um produto que é relacionado a sobremesas de ceias de natal por exemplo).

Com a equipe responsável pelo planejamento da produção de fábrica, foram obtidos os valores de eficiência da linha. Estes valores diferem para cada produto e serão utilizados pra determinar a real capacidade de produção da linha.

A eficiência de linha é determinada de acordo com dados históricos. Faz-se a relação do que foi requisitado para se produzir com o que realmente foi produzido, assim chegando a uma porcentagem de eficiência.

Para explicar melhor este fato, serão utilizados 2 produtos como exemplo, os de código 15521 e 149491.

O produto 15521 possui eficiência de linha de 85%, e capacidade de produção nominal de 3,6 toneladas por hora. Mas o histórico de produção deste demonstra que nem sempre a capacidade nominal é atingida, assim é determinada a capacidade real de 3,06 toneladas por hora, que representa 85 % de 3,6.

O valor que será utilizado em nosso estudo será o quanto de tempo é necessário para produzir 1 tonelada, assim será determinado o quanto de tempo de produção de linha é necessário para produzir o lote ideal que determinaremos mais adiante.

Já o produto de código 149491 possui eficiência menor, resultando em uma capacidade real de 1,68 toneladas por hora, e assim exigindo um maior tempo para produção de 1 tonelada.

Estes valores podem ser visualizados na Tabela 11, mas os valores de todos os produtos da linha podem ser conferidos no Apêndice C

Tabela 11 - Capacidade de produção

Código Produto	Eficiência de Produção	Capacidade de produção nominal (toneladas/hora)	Capacidade de produção real (toneladas/hora)	Tempo necessário para produzir 1 tonelada (hora)
15521	85%	3,6	3,06	0,33
149491	70%	2,4	1,68	0,60

Uma restrição de linha obtida foi a do tamanho do lote. Devido a complexidades de produção, tamanhos de lotes não podem ser fracionados, isto é, podem-se produzir apenas múltiplos dos lotes mínimos. Embora isto pareça muito restritivo, não trará grande impacto, pois os lotes mínimos são razoavelmente pequenos se comparados com a demanda, como pode ser visto na Tabela 12. Os valores de todos os produtos da linha estão no Apêndice D

Tabela 12 - Lote Mínimo

Código Produto	Lote Mínimo (toneladas)
15521	0,3571
149491	0,4091

A respeito da capacidade total da linha, será considerado os valores de turnos que já são utilizados, isto é, 2 turnos de 8 horas diários (com intervalos de 1 hora para refeições, totalizando 14 horas diárias) e semanas de 5 e 6 dias produtivos. Isto corresponde a respectivamente 60 e 74 horas semanais disponíveis. A cada 2 semanas de 5x2 (5 dias de trabalho e 2 de folga) tem-se 1 semana de 6x1 (6 dias de trabalho e 1 de folga), como pode-se observar na Tabela 13.

Tabela 13 - Horas Disponíveis

Semana	Turno	Horas Disponíveis por Dia	Horas Disponíveis por Semana
1	5x2	14	60
2	5x2	14	60
3	6x1	14	74
4	5x2	14	60
5	5x2	14	60
6	6x1	14	74

A tabela de tempos de mudança é definida de acordo com o tipo de lavagem determinado para cada troca. Estes tempos e tipos de lavagem foram determinados pelo time de planejamento de fábrica e incluem todas as combinações de troca de produtos na linha estudada. É necessário 3 horas para mudar do produto 15521 para o produto 149491, pois é necessário efetuar uma raspagem com álcool na linha. Já para mudar do produto 149491 pro 15521 é necessário efetuar uma lavagem com água, que demora cerca de 5 horas para ser feita. No Apêndice E pode-se observar todas as combinações de trocas de produtos. As cores indicam que tipo de lavagem será efetuada, e em cada quadrado está o tempo necessário.

De / Para	15521	149491
15521		3
149491	5	

Figura 28 - Tabela de Tempos de Mudança

Os custos de mudança de produto na linha estão relacionados com os custos fixos da linha de produção, ou seja, com os custos que serão pagos independentemente se a linha está produzindo ou não. O time de planejamento de fábrica definiu estes custos como sendo: remuneração total da mão de obra da linha, refeições oferecidas pelo restaurante da fábrica à mão de obra da linha, serviço médico oferecido, manutenções preventivas ou não dos equipamentos da linha. Este custo foi definido em R\$ 65,18 por hora produtiva. Assim, cada produto tem o seu custo de troca baseado no tempo necessário para a entrada dele na linha, assim sendo pode-se determinar os valores da Tabela 14. A tabela completa com todos os valores de todos os produtos está no Apêndice F.

Tabela 14 - Custos de Troca

Código Produto	Custos Fixos (R\$/hora)	Horas para troca (h)	Custo de Troca (R\$)
15155	65,18	2,9	186,23
104066	65,18	4,1	264,44

Como o tempo de troca depende não só do produto que está entrando em produção, mas também do produto que está saindo, para determinar as horas necessárias de troca foi assumido o tempo médio para o produto entrar, resultando nos valores da coluna “Horas para troca”

Para se determinar os custos da cadeia de suprimentos (SCC – Supply Chain Cost) será considerada toda a cadeia de suprimentos e produção, englobando desde matéria-prima, embalagens, custos de produção, custos de planejamento e custos financeiros (custo de capital parado). Não será considerado custos referentes a distribuição (frete e operacional). Assim, foi determinada uma projeção do volume de produção e do custo da cadeia de suprimentos para os próximos 6 meses, estabelecendo assim um custo de R\$ por toneladas, com na Tabela 15. Os valores completos de todos os produtos estão disponíveis no Apêndice G.

Tabela 15 - Custo de Cadeia de Suprimentos

Código Produto	SCC	Toneladas	SCC/ton
15521	2.564	1,020	2.515
13725	922	0,415	2.220

Os custos de armazenagem se referem aos custos relacionados ao estoque e principalmente ao valor de se armazenar um pallet⁶ de determinado produto. Nem sempre o pallet inteiro é preenchido com o mesmo produto, por isso será determinado quantas toneladas de determinado produto cabem em um pallet.

Foi determinado pela equipe da controladoria o valor total de ser armazenar um pallet no depósito utilizado pela companhia para esta fábrica, e este valor em média é R\$ 30,00 por mês por pallet, totalizando em R\$ 360,00 por

⁶ Pallet – Estrutura de tamanho padronizado de armazenagem que facilita o carregamento feito por empilhadeiras

pallet ao ano. Assim, este valor foi multiplicado pela relação pallet por toneladas, chegando ao valor de R\$ por toneladas (ao ano) do valor referente a armazenagem do produto acabado, como pode-ser ver na Tabela 16. Os valores completos de todos os produtos estão disponíveis no Apêndice H.

Tabela 16 - Custos de Armazenagem

Código Produto	Pallet / Toneladas	R\$ / Pallet (ao ano)	R\$ / ton (ao ano)
15155	0,864	360,00	311,04
104066	0,630	360,00	226,80

4.2 Definição da Estratégia

De posse dos dados semanais da demanda, usou-se o modelo explicado na seção 2.2.2.2.1 para assim determinar o valor de produção necessário para suprir a demanda de 80% das semanas no ano. Assim, para cada produto, determina-se a demanda semanal máxima e mínima de Janeiro de 2006 até Agosto de 2007. Após esta determinação efetua-se a divisão em 10 intervalos de demanda e conta-se quantas semanas estão em cada intervalo. Isto é feito para se determinar um valor de demanda semanal que seja suficiente para suprir 80 % do número total de semanas no ano.

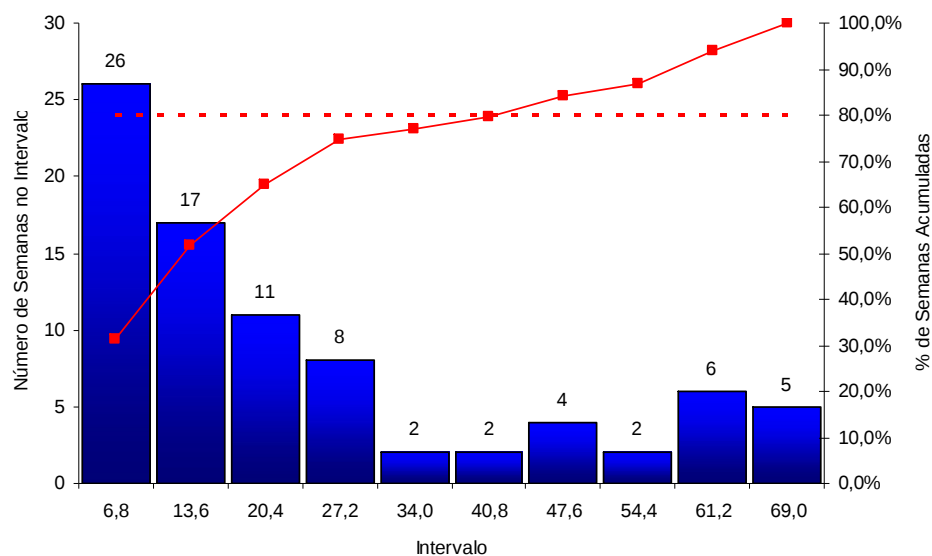
Para o produto 15521 (mostrado na Tabela 17) tem-se que a demanda máxima neste período é 68,5 toneladas e a demanda mínima é 0. Assim podemos dividir em 10 intervalos entre estes valores e contar quantas semanas do período estão em cada um (Ex.: 17 semanas do período estão no intervalo de 6,8 toneladas e 13,6 toneladas).

Com uma produção de 41,5 toneladas, observa-se que 80% das semanas do intervalo terão sua demanda suprida. Assim será utilizado este número como demanda semanal constante no estudo.

Tabela 17 - Produção que atende 80% das semanas

Intervalo	Mínimo	Máximo	Número Semanas no Intervalo	Número Semanas Acumuladas	% Semanas Acumuladas	80% das Semanas
15521	0,0	68,5	83			41,5
Intervalo 1	0,0	6,8	26	26	31,3%	
Intervalo 2	6,8	13,6	17	43	51,8%	
Intervalo 3	13,6	20,4	11	54	65,1%	
Intervalo 4	20,4	27,2	8	62	74,7%	
Intervalo 5	27,2	34,0	2	64	77,1%	
Intervalo 6	34,0	40,8	2	66	79,5%	
Intervalo 7	40,8	47,6	4	70	84,3%	41,5
Intervalo 8	47,6	54,4	2	72	86,7%	
Intervalo 9	54,4	61,2	6	78	94,0%	
Intervalo 10	61,2	69,0	5	83	100,0%	

Na Figura 29 observa-se melhor esta distribuição de semanas dentro dos intervalos. No local onde as duas linhas vermelhas se cruzam (uma indicando 80% das semanas e a outra indicando a % de semanas acumuladas) está a demanda de 41,5 toneladas que será considerada.

**Figura 29 – Distribuição das Semanas no Intervalo**

De posse destes valores tem-se todos os dados de demanda necessários, e pode-se assim organizar os dados da maneira necessária para fundamentarmos o estudo e permitir uma melhor visualização dos dados obtidos, sendo assim foi criada a tabela do Apêndice I, na qual observam-se os históricos divididos em

anos, meses e semanas, bem como a demanda necessária para suprir 80% das semanas do período medido (de janeiro de 2006 a agosto de 2007)

Com todos os custos e dados de demanda podemos agora calcular o tamanho do lote ótimo e frequência de produção necessária para suprir a demanda de 80% das semanas, como explicado anteriormente. Efetuando-se todos estes cálculos chega-se a Tabela 18. Os valores completos de todos os produtos estão disponíveis no Apêndice J.

Tabela 18 - Lote Ótimo e Frequência de Produção

Código Produto	Demanda Anual (ton)	SCC (R\$/ton)	Custo de Armazenagem (R\$/ton)	Custo de Troca (R\$)	Lote Ótimo (ton)	Lote mínimo (Batch de Produção) (ton)	Lote ótimo com restrições (ton)	Frequência Semanal de Produção (n)
15155	892,2	2.290	311,0	2.584,6	42,1	0,4	42,3	0,5
104066	74,5	4.748	226,8	3.499,7	10,2	0,4	10,6	0,2

Nesta tabela observa-se os parâmetros necessários para se calcular o lote ótimo e consequentemente a frequência semanal de produção. Sendo assim tem-se as seguintes colunas :

- Demanda Anual - corresponde a uma média da demanda anual do produto em toneladas
- SCC – Custo da Cadeia de Suprimentos e produção, com valores em R\$ por toneladas
- Custo de Armazenagem – Calculados de acordo com o preço para se armazenar um pallet, com valores em R\$ por toneladas
- Custo de Troca – Custos fixos que são gastos produzindo ou não, em R\$ por troca
- Lote Ótimo – Calculado pelo algoritmo apresentado anteriormente
- Lote mínimo – Batch⁷ ou lote mínimo e incremental
- Lote Ótimo com restrições – Lote ótimo em múltiplos do lote mínimo
- Frequência Semanal de Produção – Quantidade de vezes que deve-se produzir o lote ótimo com restrições por semana. No exemplo da Tabela

⁷ Batch – lote de produção pré determinado por questões de quantidade de matéria prima, complexidade e restrições de equipamentos

18 do produto 15155 tem-se a frequência semanal definida em 0,5, isto significa que a cada semana deve-se produzir metade do lote ótimo, ou seja, deve-se produzir o lote ótimo do produto a cada 2 semanas

4.3 Implementação da Estratégia

A estratégia analisada e implementada neste estudo pára neste momento. O procedimento normal seria marcar um Workshop com integrantes de diversas áreas diferentes da empresa, para assim discutir o real sequenciamento da produção. Porém o autor se fez de seus conhecimentos analíticos, equacionais e de informática para criar um simulador de melhor sequenciamento. O objetivo deste é criar uma seqüência ideal de produção com o objetivo de minimizar ao máximo os tempos de troca entre os produtos e assim minimizar os custos referentes a elas.

Este simulador possui diversas restrições e elementos de controle definidas pelo autor :

- Cada lote ótimo de cada produto deve ser produzido apenas 1 vez por semana e estas produções devem estar distribuídas ao longo das semanas programadas
- Como a freqüência de produção mínima dos produtos analisados é de 1 vez a cada 12 semanas, é estabelecida a programação de 12 semanas de produção para assim cada produto ser produzido pelo menos 1 vez no período programado.
- Cada freqüência de produção foi ajustada em quantas vezes é necessária a produção do lote ótimo em um período de 12 semanas. (Ex.: Se a produção deve ocorrer toda semana, em 12 semanas o produto deve ser produzido 12 vezes). O simulador conta quantas vezes que foi programado para este produto entrar em produção, quando ele atinge esta freqüência pré-determinada, o produto não é mais produzido até o término das 12 semanas.
- As horas disponíveis para produção são tidas como correntes, ou seja, em uma semana de turno 5x2, 60 horas corridas são disponíveis para produção, e em 12 semanas (com 8 semanas 5x2 e 4 semanas 6x1) são disponíveis 776 horas corridas. As 60 horas disponíveis em uma semana são calculadas definindo-se 2 turnos diários de 8 horas, com 2 horas de

almoço diários. Também entra nessa conta um “set-up”⁸ semanal inicial de 2 horas e um “set-up” semanal final de 8 horas, definido pela fábrica.

- Quando a troca de um produto for feita por outro de mesma embalagem e o gargalo do tempo desta troca não for o “set-up” da máquina embaladora, foi considerado um tempo de troca um pouco menor que o real para assim demonstrar uma preferência por este tipo de troca (que embora o custo seja relacionado ao tempo, há menos perdas referentes a troca de embalagem na linha) e assim penalizar positivamente.
- A seleção do próximo produto a se produzir é feita apenas com base nos tempos de troca de um produto para outro (Apêndice E) e as penalizações definidas acima.

Após estabelecidas estas restrições e elementos de controle, a simulação foi feita e o sequenciamento foi definido, podendo ser observado em parte na Tabela 19. Aqui está demonstrado apenas um exemplo da tabela com alguns produtos e algumas semanas, a versão completa com todos os produtos e semanas pode ser observada no Apêndice K.

Tabela 19 - Exemplo de Sequenciamento

Tempo Produção	15	15	1	5	7	4	14	15	15	Número de vezes	
Produto	15334	15155	163932	104066	104071	104068	15333	15153	15155	Produção	Necessária
Tempo Troca		0,5	0,5	0,5	1	1	5	0,5	0,5		
15153										4	4
15155										9	9
15333										4	4
15334										10	10
104066										3	3
104068										1	1
104076										3	3
104071										3	3
116604										1	1
116607										2	2
116608										1	1
116609										1	1
116610										2	2
149491										2	2
149492										1	1
163932										1	1

Cada retângulo azul corresponde a fabricação de um lote ótimo de um produto e, como descrito anteriormente, as horas são consideradas corridas.

⁸ Set-up – manutenção, limpeza ou ajuste das máquinas da linha de produção.

As últimas colunas da direita indicam quantas vezes o lote ótimo entrou em produção na programação e quantas vezes eram necessárias (estes valores são correspondentes a versão completa da tabela observada no Apêndice K)

As 3 primeiras linhas correspondem a :

- tempo necessário para produzir o lote ótimo do produto
- código do produto que entrou em produção nesta sequência definida
- tempo necessário para fazer a troca do produto produzido anteriormente para este produto

Após satisfazer toda a produção demandada (de acordo com a última coluna), ou seja, produzir todos os lotes necessários para estas 12 semanas, notou-se que o tempo necessário para produção corresponde a 534 horas, o tempo necessário para troca de produtos corresponde a 92 horas, totalizando em 626 horas necessárias para este plano de produção.

4.4 Análise de Sensibilidade

A fim de facilitar futuras implementações da estratégia, bem como melhorar a precisão dos cálculos, uma análise de sensibilidade será feita para determinar a quais variáveis o lote ótimo é mais sensível a mudanças. Assim poderá ser determinado em qual dos dados obtidos (custos, demanda) deve-se fazer um controle mais rígido e também entrar mais nos detalhes para se obter o mais preciso valor dos mesmos.

Para este estudo, será determinado os valores máximos e mínimos de cada variável (excluindo os pontos “fora da curva”⁹), que são estes:

- Custo de Troca
- Custo de Armazenagem
- Custo da Cadeia de Suprimentos

Estes valores podem ser observados na Tabela 20, e compreendem todos os produtos da linha:

	SCC	Custo de Armazenagem	Custo de Troca	Lote Ótimo
Média	5131,9	223,1	264,6	10,8
Máximo	14197,8	311,0	325,9	8,2
Mínimo	2290,2	128,5	32,6	5,3

Tabela 20 - Valores Máximos e Mínimos

Na Tabela 20 observa-se os valores totais das 3 variáveis que serão analisadas. Estes valores totais correspondem a soma de todos os custos determinados para todos os produtos da linha analisada.

Após determinar estes valores, fixa-se uma das variáveis em seu valor máximo e variam-se as outras até os valores mínimos, para assim determinar se o lote ótimo é sensível a esta variável.

Repete-se o processo com as outras variáveis e assim determina-se a sensibilidade do lote ótimo as mesmas. O processo é repetido agora fixando-se uma variável em seu valor mínimo e variando-se as outras aos valores máximos. Após estas variações, compararam-se os valores dos lotes ótimos encontrados

⁹ Pontos fora da curva – Valores que são muito distantes da média

com os valores dos lotes ótimos médio, máximo e mínimo (Tabela 20), resultado nas 3 ultimas colunas da Tabela 21. Nesta tabela observa-se a comparação dos lotes ótimos obtidos anteriormente na Tabela 20. Os valores em negrito correspondem às variáveis fixadas como máximas e mínimas e as 3 últimas colunas são a variação do lote ótimo encontrado agora em relação aos lotes ótimos médio, máximo e mínimo encontrados na Tabela 20.

Custo Fixado		SCC	Custo de Armazenagem	Custo de Troca	Lote Ótimo	Média	Máximo	Mínimo
Máximos	SCC	14197,8	128,5	32,6	2,8	-74%	-65%	-46%
	Custo de Armazenagem	2290,2	311,0	32,6	4,0	-63%	-51%	-24%
	Custo de Troca	2290,2	128,5	325,9	16,8	56%	105%	216%
Mínimos	SCC	2290,2	311,0	325,9	12,7	18%	56%	139%
	Custo de Armazenagem	14197,8	128,5	325,9	9,0	-16%	10%	70%
	Custo de Troca	14197,8	311,0	32,6	2,6	-76%	-68%	-51%

Tabela 21 - Análise de Sensibilidade

Como é de se esperar, com os valores máximos do Custo de Troca, o valor do lote ótimo aumenta, e com os valores máximos do SCC e Custo de Armazenagem o lote ótimo diminuiu. Mas há uma variação muito maior com os valores máximos e mínimos do Custo de Troca.

Portanto é fácil observar que o lote ótimo é mais sensível aos valores (ordem decrescente) de: Custo de Troca, SCC, Custo de Armazenagem. Assim sendo, o Custo de Troca deve ser apurado com mais detalhe, pois uma variação em seu valor acarretará em uma grande variação na dimensão do lote ótimo.

5 Análise de Resultados e Conclusões

A soma total das horas de produção e troca de produtos resulta em 626 horas, sendo que eram disponíveis em 12 semanas 776 horas. Esta é uma simples e rápida constatação da melhora da eficiência da produção. Mesmo considerando-se horas a mais para produzir e fazer as trocas (sempre foi considerado tempos com uma porcentagem de segurança) sobrou mais tempo para produzir, surgindo assim a possibilidade de mais produtos serem produzidos nesta mesma linha a um mesmo custo fixo. Esta é a primeira constatação de melhora na eficiência produtiva após a utilização desta estratégia, porém outras medições serão realizadas para formar os indicadores de desempenho antes mencionados, e assim a curto prazo medir a diminuição do estoque (Dias de Cobertura de Estoque), o aumento na eficiência da linha e a diminuição do número de pendedes por estoque.

Uma segunda rápida constatação da melhora pós-implementação deste estudo é referente a um dos maiores “pesadelos” de um profissional que controla uma cadeia de suprimentos: a falta de matéria prima para a linha. Isto acontece quando a produção não é planejada com semanas de antecedência e assim a compra de matérias-primas peculiares e difíceis de serem obtidas (normalmente importadas, gerando um grande lead time) pode falhar e causar uma quebra na produção. Neste estudo foram programadas 12 semanas ininterruptas de produção, possibilitando assim um planejamento da etapa anterior a ela, e minimizando assim os riscos deste “pesadelo” acontecer.

A grande dificuldade desta implementação consistiu na obtenção dos dados. Há uma barreira (seja esta física ou pessoal) entre as diversas áreas que foram demandadas os dados, isto dificulta e o estudo e torna mais lento o processo. Outras dificuldades foram em relação às restrições que foram observadas à medida que o estudo era feito como, por exemplo, a não visibilidade de algumas penalizações, nas quais se precisou assumir e adotar certos valores.

A oportunidade de melhoria existente neste método é principalmente a falta de um algoritmo, fórmula ou outra maneira para a obtenção do

seqüenciamento. Foi demandada do autor a elaboração do simulador para tornar o processo completo e não manual (como foi feito anteriormente nas outras implementações). Este simulador é apenas uma primeira versão inicial e necessita de restrições manuais ainda para se tornar completo. Num futuro estudo a principal melhoria seria aperfeiçoar as restrições para tornar o modelo mais real.

Outra oportunidade de melhoria seria abrir os custos fixos (detalhar os subcustos envolvendo o total) para assim determinar exatamente quais são os correspondentes ao custo de troca de produto na linha.

6 Bibliografia

- Accenture Supply Chain Academy – Unilever, 1999, Demand Based Concepts
- Bestfoods Mexico, 1993, Run Strategy
- Coopers & Lybrand, 2002, Demand Based Run Strategy Training
- Corrêa, H.L.; Giansi, I.G.N; Caon, M., 1997, Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II / ERP – Conceitos, Uso e Implantação
- Corrêa, H.L.; Corrêa, C.A, 2006, Administração de produção e Operações – Manufatura e serviços : Uma abordagem estratégica
- Gaither, N.; Frazier, G.; 2005; Administração da Produção e Operações
- Lee, H. L; 2001; Ultimate Enterprise Value Creation Using Demand Based Management – Stanford Global Supply Chain Management Forum
- Magee, J.F., 1967, Production Planning and Inventory Control
- Paiva, E.L. 1999; Conhecimento Organizacional e o Processo de Formulação de Estratégias de Produção
- Paiva, E.L. 1998; Estratégia de produção e de operações : conceitos, melhores práticas e visão de futuro.
- Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. , 2002, Administração da Produção
- Stevenson, W.J., 1996, Administração das Operações de Produção
- Unilever Bestfoods Mexico, 2003, Demand Based Run Strategy

APÊNDICE B - HISTÓRICO DEMANDA MENSAL

Código Produto	1 2006	2 2006	3 2006	4 2006	5 2006	6 2006	7 2006	8 2006	9 2006	10 2006	11 2006	12 2006	1 2007	2 2007	3 2007	4 2007	5 2007	6 2007	7 2007	8 2007
13962	5,1	5,9	8,0	5,0	4,7	9,6	10,6	8,4	21,6	12,8	10,0	25,9	5,2	6,8	13,3	7,8	6,8	11,9	8,0	9,1
15153	8,3	16,1	23,2	13,8	10,0	22,3	31,9	23,4	62,5	44,4	23,9	53,5	13,1	10,8	29,4	12,0	10,3	29,5	22,5	12,8
15155	40,5	46,9	67,6	45,7	29,2	91,1	95,4	69,3	178,6	162,9	62,6	155,6	45,3	42,6	89,5	32,1	32,6	89,9	70,1	45,2
15333	13,3	14,4	21,7	15,6	14,4	29,9	34,4	22,3	55,4	38,0	22,8	45,4	10,4	13,0	36,8	12,5	9,6	29,6	21,8	27,5
15334	52,5	61,0	69,4	50,1	40,7	94,6	129,0	45,3	183,3	113,6	65,4	165,4	37,2	46,0	119,8	36,2	32,9	89,6	63,6	91,0
51518	1,3	0,9	2,0	1,3	1,7	2,4	4,7	3,5	4,6	1,9	1,7	4,4	1,1	0,7	2,6	1,2	0,8	2,8	2,5	2,2
51519	5,8	4,5	5,2	4,6	4,5	7,9	8,7	8,6	15,9	11,9	8,8	18,8	4,7	4,6	9,3	6,1	5,3	15,5	5,4	6,1
51520	1,8	1,0	2,1	1,4	1,8	2,0	3,6	2,5	2,5	(0,0)	3,2	9,0	1,4	1,0	1,6	1,4	1,1	1,7	1,7	1,6
60421	0,9	1,5	2,3	1,3	1,6	2,9	2,5	2,4	4,3	3,9	2,5	6,5	1,1	1,3	2,6	1,5	1,0	2,9	1,7	2,8
60422	5,4	4,8	6,0	4,5	5,0	8,9	8,6	8,3	15,4	15,9	7,3	22,1	4,5	4,9	10,3	4,7	3,9	11,0	5,2	7,8
60424	0,7	1,5	2,1	1,0	1,0	2,1	1,9	1,9	3,8	4,9	2,1	5,3	1,2	1,1	2,0	1,2	1,5	2,7	1,7	1,5
61980	0,2	0,7	0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	1,3	0,2	0,3	0,6	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3
61981	0,3	0,7	0,5	0,3	0,2	0,5	0,6	0,5	0,9	0,5	1,4	1,4	0,7	0,7	0,5	0,3	0,2	0,5	0,3	0,4
96528	1,3	0,3	0,6	0,7	0,6	1,4	1,2	0,7	2,0	1,6	1,4	0,7	-	-	0,3	0,9	0,6	0,6	0,3	0,9
104070	0,4	0,5	0,7	0,4	0,9	1,3	2,4	1,0	3,4	2,1	2,0	3,4	0,6	0,3	1,7	0,8	1,1	2,0	2,3	2,7
104066	2,1	4,3	2,8	2,7	2,6	6,2	6,1	7,4	13,8	10,6	8,6	12,5	2,8	4,1	6,7	6,2	3,4	10,2	5,2	6,6
104068	0,7	0,9	0,8	1,5	1,4	2,8	4,6	5,0	8,1	4,7	3,8	6,6	1,2	1,8	2,6	2,5	1,3	3,3	2,3	2,4
104076	4,3	7,9	5,7	6,6	9,0	10,7	10,0	9,4	13,7	11,7	8,4	18,6	4,4	7,7	13,1	9,1	7,5	13,4	11,8	12,9
104071	3,6	6,5	3,8	5,0	6,9	9,0	15,2	12,0	16,3	14,5	10,0	24,3	4,4	5,3	9,5	5,8	5,1	12,1	9,0	10,1
104038	-	-	-	0,2	0,4	0,5	1,2	1,3	0,5	0,2	0,9	2,9	0,3	0,4	2,6	1,3	0,5	1,3	1,7	1,7
104080	0,6	3,2	2,0	1,5	1,9	4,4	1,6	1,5	4,2	3,5	4,9	7,3	2,5	6,0	5,8	10,5	3,7	15,5	12,4	12,5
116604	1,2	1,1	2,1	0,8	1,4	2,0	1,1	0,9	1,6	1,1	0,6	1,8	0,5	0,8	1,7	1,0	0,8	1,7	1,4	1,0
116607	0,8	1,1	1,8	1,0	1,2	2,3	1,2	1,1	1,9	1,7	0,9	2,4	0,6	0,6	1,9	1,3	0,7	1,9	1,5	1,2
116608	0,5	0,2	0,6	0,5	0,4	1,0	0,4	0,6	1,1	0,7	0,4	1,1	0,3	0,5	1,2	0,7	0,4	1,0	0,8	0,6
116609	0,3	0,5	0,9	0,5	0,7	1,4	0,4	0,7	1,3	0,8	0,5	1,7	0,4	0,5	1,4	0,8	0,7	1,4	1,0	1,1
116610	0,2	0,6	0,6	0,4	0,7	0,9	0,5	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,2	0,8	0,4	0,3	0,7	0,3	0,5
149491	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	2,1	1,8	1,9	5,1	4,0	3,3	1,4
149492	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	3,1	3,3	2,3	2,0	4,0	3,2	3,3
163932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,5	5,8	0,2	0,4	0,2	0,4
163933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,8	7,5	1,6	5,2	0,2	(0,9)
163934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,6	5,5	1,2	1,9	0,1	0,6
166475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5	0,9	2,9	1,5	6,8
TOTAL	151,9	187,1	232,7	166,6	143,1	318,6	378,7	238,7	617,5	465,1	255,2	598,6	145,9	167,4	374,5	184,9	143,2	371,7	263,4	274,2

APÊNDICE C – CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

Código Produto	Capacidade de produção nominal (ton/h)	Eficiência de Produção	Capacidade de produção real (ton/h)	Tempo necessário para produzir 1 tonelada (h)
13962	0,60	90%	0,54	1,85
15153	2,40	55%	1,32	0,76
15155	2,40	81%	1,94	0,51
15333	2,40	60%	1,44	0,69
15334	2,40	81%	1,94	0,51
15521	3,60	85%	3,06	0,33
44838	2,40	82%	1,97	0,51
44839	2,40	93%	2,23	0,45
51518	2,00	83%	1,66	0,60
51519	1,90	92%	1,75	0,57
51520	1,60	92%	1,47	0,68
60421	0,60	90%	0,54	1,85
60422	0,60	90%	0,54	1,85
60424	0,60	90%	0,54	1,85
61980	0,60	90%	0,54	1,85
61981	0,60	90%	0,54	1,85
96523	3,00	71%	2,13	0,47
96528	3,00	51%	1,53	0,65
101778	2,40	57%	1,37	0,73
101795	2,40	82%	1,97	0,51
101796	2,40	76%	1,82	0,55
101797	2,40	67%	1,61	0,62
101798	2,40	62%	1,49	0,67
101800	2,40	63%	1,50	0,67
101803	2,40	79%	1,90	0,53
116604	2,40	75%	1,80	0,56
116607	2,40	75%	1,80	0,56
116608	2,40	75%	1,80	0,56
116609	2,40	75%	1,80	0,56
116610	2,40	75%	1,80	0,56
149491	2,40	70%	1,68	0,60
149492	2,40	70%	1,68	0,60
166475	2,40	81%	1,94	0,51

APÊNDICE D – LOTES MÍNIMOS DE PRODUÇÃO

Código Produto	Lote Mínimo de Produção (ton)
13962	0,423
15153	0,425
15155	0,403
15333	0,400
15334	0,402
15521	0,357
44838	0,403
44839	0,425
51518	0,453
51519	0,382
51520	0,426
60421	0,368
60422	0,417
60424	0,419
61980	0,316
61981	0,339
96523	0,385
96528	0,455
101778	0,380
101795	0,392
101796	0,392
101797	0,394
101798	0,400
101800	0,297
101803	0,380
116604	0,368
116607	0,400
116608	0,369
116609	0,347
116610	0,357
149491	0,409
149492	0,421
166475	0,429

APÊNDICE E – TABELA DE TEMPOS DE MUDANÇA DE PRODUTO NA LINHA

PARA DE	15334	15333	15155	15153	149491	149492	166475	51518	51519	51520	44838	44839	60424	60422	60421	61980	61981	13962	15521	96528	96523	101800	101797	101803	101798	101796	101795	101778	116604	116607	116608	116609	116610	163932	163934	163933	999999	
15334		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	8	
15333	5		5	0.5	0.5	5	5	5	5	5	5	0.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
15155	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	8	
15153	5	0.5	5		0.5	5	5	5	5	5	5	0.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
149491	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
149492	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
166475	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	8
51518	5	5	5	5	5	5	5		0.5	5	5	5	2	2	2	2	5	2	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
51519	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
51520	5	5	5	5	5	5	5	5	0.5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	8	
44838	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2	2	2		1	3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	3	5	5	5	8	
44839	5	0.5	5	0.5	1	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
60424	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	2	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
60422	5	5	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	0.5		0.5	0.5	5	0.5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
60421	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
61980	5	5	5	5	5	5	5	2	2	5	5	5	2	2	2		5	2	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
61981	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8		
13962	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.5	5	5	5	5		5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
15521	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8		
96528	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.5	5	5	5	5	2	5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
96523	2	2	2	2	0.5	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	2		5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	8
101800	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
101797	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	0.5	8	
101803	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	8	
101798	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1		1	1	1	5	5	5	5	5	0.5	0.5	0.5	8	
101796	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1		1	1	5	5	5	5	5	5	5	0.5	8	
101795	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1		1	5	5	5	5	5	0.5	5	0.5	8	
101778	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	5	8	
116604	2	2	2	2	1	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5		1	1	1	1	1	5	5	5	8
116607	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	1		1	1	1	1	5	5	5	8
116608	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	8	
116609	2	2	2	2	0.5	0.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2		2	5	5	5	8	
116610	5	5	5	5	0.5	1	5	5	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5	8	
163932	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	8	
163934	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		0.5	8	
163933	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		8
999999	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		

Tipos de Lavagens

Lavagem com água

Raspagem e Varrição

Raspagem e Álcool

Varrição

2

Tempo de Troca

APÊNDICE F – TABELA DE CUSTOS FIXOS (CUSTOS DE TROCA)

Código Produto	Custos Fixos (R\$/hora)	Horas para troca (h)	Custo de Troca (R\$)
13962	65,18	4,8	311,93
15153	65,18	4,6	300,76
15155	65,18	2,9	186,23
15333	65,18	4,6	300,76
15334	65,18	2,9	186,23
51518	65,18	4,4	284,00
51519	65,18	5,0	325,90
51520	65,18	4,8	311,93
60421	65,18	5,0	325,90
60422	65,18	4,2	275,62
60424	65,18	4,8	314,73
61980	65,18	4,4	286,79
61981	65,18	5,0	325,90
96528	65,18	4,8	311,93
104070	65,18	4,9	318,45
104066	65,18	4,1	264,44
104068	65,18	4,2	272,82
104076	65,18	4,6	302,62
104071	65,18	3,9	256,06
104038	65,18	4,8	311,00
104080	65,18	4,9	318,45
116604	65,18	2,7	174,12
116607	65,18	2,7	175,05
116608	65,18	5,0	325,90
116609	65,18	2,8	180,64
116610	65,18	4,6	298,90
149491	65,18	5,0	325,90
149492	65,18	5,0	325,90
163932	65,18	0,5	33,52
163933	65,18	4,9	317,52
163934	65,18	0,5	32,59
166475	65,18	2,9	186,23

APÊNDICE G – TABELA DE CUSTOS DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Código Produto	SCC	Toneladas	SCC/ton
13962	737,30	116,73	6,32
15153	529,33	202,56	2,61
15155	1518,32	662,97	2,29
15333	704,34	232,93	3,02
15334	2027,59	771,31	2,63
51518	113,84	17,95	6,34
51519	324,14	68,81	4,71
51520	74,27	15,33	4,85
60421	378,51	26,66	14,20
60422	451,88	82,25	5,49
60424	117,00	21,62	5,41
61980	32,35	4,29	7,55
61981	73,06	6,82	10,72
96528	58,97	6,41	9,19
104070	56,29	14,14	3,98
104066	212,86	44,84	4,75
104068	90,42	19,94	4,53
104076	504,13	97,10	5,19
104071	473,83	74,25	6,38
104038	84,40	14,03	6,02
104080	124,25	39,15	3,17
116604	59,86	12,15	4,93
116607	52,63	12,65	4,16
116608	30,92	7,33	4,22
116609	44,10	9,11	4,84
116610	21,50	4,77	4,51
149491	60,42	15,68	3,85
149492	109,29	32,25	3,39
163932	48,31	12,80	3,77
163933	83,88	23,90	3,51
163934	60,32	14,25	4,23
166475	45,21	13,10	3,45

APÊNDICE H – TABELA DE CUSTOS DE ARMAZENAGEM

Código Produto	Pallet / Toneladas	R\$ / Pallet (ao ano)	R\$ / ton (ao ano)
13962	0,42	360,00	151,20
15153	0,86	360,00	311,04
15155	0,86	360,00	311,04
15333	0,86	360,00	311,04
15334	0,86	360,00	311,04
51518	0,73	360,00	264,38
51519	0,69	360,00	248,83
51520	0,60	360,00	217,73
60421	0,36	360,00	128,52
60422	0,38	360,00	136,08
60424	0,38	360,00	136,08
61980	0,36	360,00	128,52
61981	0,42	360,00	151,20
96528	0,80	360,00	288,00
104070	0,50	360,00	181,44
104066	0,63	360,00	226,80
104068	0,63	360,00	226,80
104076	0,63	360,00	226,80
104071	0,63	360,00	226,80
104038	0,63	360,00	226,80
104080	0,50	360,00	181,44
116604	0,52	360,00	186,62
116607	0,52	360,00	186,62
116608	0,52	360,00	186,62
116609	0,52	360,00	186,62
116610	0,52	360,00	186,62
149491	0,86	360,00	311,04
149492	0,86	360,00	311,04
163932	0,63	360,00	226,80
163933	0,63	360,00	226,80
163934	0,63	360,00	226,80
166475	0,86	360,00	311,04

APÊNDICE I – TABELA COM TODOS OS VALORES DE DEMANDA

Código Produto	Demanda FY 2006	Média Mês 2006	Média Semanal 2006	Demanda YTD 2007	Média Mês 2007	Média Semanal 2007	Demanda 2006 -YTD 2007	Média Mês 2006-2007	Média Semanal 2006-2007	Demanda com 80% das Semanas
13962	127,7	10,6	2,5	68,9	8,6	2,0	196,6	9,8	2,3	2,7
15153	333,3	27,8	6,4	140,3	17,5	4,0	473,6	23,7	5,4	6,3
15155	1.045,4	87,1	20,1	447,3	55,9	12,8	1.492,7	74,6	17,2	20,3
15333	327,6	27,3	6,3	161,2	20,2	4,6	488,8	24,4	5,6	6,2
15334	1.070,2	89,2	20,6	516,1	64,5	14,7	1.586,3	79,3	18,2	21,5
51518	30,4	2,5	0,6	14,0	1,7	0,4	44,3	2,2	0,5	0,7
51519	105,1	8,8	2,0	57,0	7,1	1,6	162,1	8,1	1,9	2,2
51520	31,0	2,6	0,6	11,6	1,4	0,3	42,5	2,1	0,5	0,5
60421	32,6	2,7	0,6	15,0	1,9	0,4	47,6	2,4	0,5	0,6
60422	112,4	9,4	2,2	52,4	6,6	1,5	164,8	8,2	1,9	2,2
60424	28,2	2,4	0,5	12,9	1,6	0,4	41,1	2,1	0,5	0,6
61980	6,4	0,5	0,1	2,7	0,3	0,1	9,1	0,5	0,1	0,1
61981	7,9	0,7	0,2	3,6	0,4	0,1	11,4	0,6	0,1	0,1
96528	12,5	1,0	0,2	3,6	0,5	0,1	16,1	0,8	0,2	0,3
104070	18,5	1,5	0,4	11,4	1,4	0,3	29,9	1,5	0,3	0,4
104066	79,5	6,6	1,5	45,2	5,6	1,3	124,6	6,2	1,4	1,8
104068	40,9	3,4	0,8	17,3	2,2	0,5	58,3	2,9	0,7	0,5
104076	116,0	9,7	2,2	79,8	10,0	2,3	195,8	9,8	2,3	2,7
104071	127,1	10,6	2,4	61,3	7,7	1,8	188,4	9,4	2,2	2,5
104038	8,1	0,7	0,2	9,9	1,2	0,3	18,0	0,9	0,2	0,2
104080	36,6	3,0	0,7	68,9	8,6	2,0	105,5	5,3	1,2	1,5
116604	15,7	1,3	0,3	9,0	1,1	0,3	24,6	1,2	0,3	0,2
116607	17,2	1,4	0,3	9,7	1,2	0,3	26,9	1,3	0,3	0,3
116608	7,6	0,6	0,1	5,7	0,7	0,2	13,3	0,7	0,2	0,2
116609	9,6	0,8	0,2	7,3	0,9	0,2	16,9	0,8	0,2	0,2
116610	6,3	0,5	0,1	3,5	0,4	0,1	9,8	0,5	0,1	0,3
149491	0,0	0,0	0,0	20,0	2,5	0,6	20,0	1,0	0,2	0,5
149492	0,0	0,0	0,0	22,2	2,8	0,6	22,2	1,1	0,3	0,2
163932	0,0	0,0	0,0	7,5	0,9	0,2	7,5	0,4	0,1	0,5
163933	0,0	0,0	0,0	14,5	1,8	0,4	14,5	0,7	0,2	0,7
163934	0,0	0,0	0,0	10,0	1,2	0,3	10,0	0,5	0,1	0,5
166475	0,0	0,0	0,0	15,6	1,9	0,4	15,6	0,8	0,2	0,5

APÊNDICE J – TABELA COM TODOS OS CUSTOS, LOTE ÓTIMO E FREQUÊNCIA SEMANAL DE PRODUÇÃO

Código Produto	Conversão (ton/pallet)	Demanda Anual (ton)	SCC (R\$/ton)	IWC (%)	Custo de Armazenagem (R\$/ton)	Custo de Troca (R\$)	Lote Ótimo (ton)	Lote mínimo (Batch de Produção) (ton)	Lote ótimo com restrições (ton)	Frequência Semanal de Produção (n)
13962	2,38	117,5	6.316	5%	151,2	311,9	12,4	0,4	12,7	0,2
15153	1,16	283,1	2.613	5%	311,0	300,8	19,6	0,4	20,0	0,3
15155	1,16	892,2	2.290	5%	311,0	186,2	27,9	0,4	28,2	0,7
15333	1,16	292,2	3.024	5%	311,0	300,8	19,4	0,4	19,6	0,3
15334	1,16	948,2	2.629	5%	311,0	186,2	28,2	0,4	28,6	0,8
51518	1,36	26,5	6.342	5%	264,4	284,0	5,1	0,5	5,4	0,1
51519	1,45	96,9	4.711	5%	248,8	325,9	11,4	0,4	11,4	0,2
51520	1,65	25,4	4.845	5%	217,7	311,9	5,8	0,4	6,0	0,1
60421	2,80	28,4	14.198	5%	128,5	325,9	4,7	0,4	4,8	0,1
60422	2,65	98,5	5.494	5%	136,1	275,6	11,4	0,4	11,7	0,2
60424	2,65	24,6	5.411	5%	136,1	314,7	6,1	0,4	6,3	0,1
61980	2,80	5,4	7.546	5%	128,5	286,8	2,5	0,3	2,5	0,1
61981	2,38	6,8	10.718	5%	151,2	325,9	2,5	0,3	2,7	0,1
96528	1,25	9,6	9.193	5%	288,0	311,9	2,8	0,5	3,2	0,1
104070	1,98	17,9	3.981	5%	181,4	318,5	5,4	0,4	5,7	0,1
104066	1,59	74,5	4.748	5%	226,8	264,4	9,2	0,4	9,4	0,2
104068	1,59	34,8	4.534	5%	226,8	272,8	6,4	0,4	6,7	0,1
104076	1,59	117,1	5.192	5%	226,8	302,6	12,0	0,4	12,2	0,2
104071	1,59	112,6	6.381	5%	226,8	256,1	10,2	0,4	10,4	0,2
104038	1,59	10,8	6.016	5%	226,8	311,0	3,5	0,3	3,6	0,1
104080	1,98	63,0	3.174	5%	181,4	318,5	10,8	0,4	11,0	0,1
116604	1,93	14,7	4.925	5%	186,6	174,1	3,4	0,4	3,7	0,1
116607	1,93	16,1	4.162	5%	186,6	175,1	3,8	0,4	4,0	0,1
116608	1,93	8,0	4.216	5%	186,6	325,9	3,6	0,4	3,7	0,0
116609	1,93	10,1	4.843	5%	186,6	180,6	2,9	0,3	3,1	0,1
116610	1,93	5,9	4.511	5%	186,6	298,9	2,9	0,4	3,2	0,1
149491	1,16	12,0	3.853	5%	311,0	325,9	3,9	0,4	4,1	0,1
149492	1,16	13,3	3.389	5%	311,0	325,9	4,2	0,4	4,6	0,0
163932	1,59	4,5	3.773	5%	226,8	33,5	0,8	0,4	1,2	0,4
163933	1,59	8,7	3.510	5%	226,8	317,5	3,7	0,4	4,0	0,2
163934	1,59	5,9	4.233	5%	226,8	32,6	0,9	0,4	1,3	0,4
166475	1,16	9,3	3.452	5%	311,0	186,2	2,7	0,4	3,0	0,2

