

FLÁVIA MIDORI TAKEY

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO E ESTOQUES EM UM
FABRICANTE DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM
DEMANDA SAZONAL**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenharia de Produção**

São Paulo

2004

FLÁVIA MIDORI TAKEY

**PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO E ESTOQUES EM UM
FABRICANTE DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM
DEMANDA SAZONAL**

**Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do Diploma de
Engenharia de Produção**

**Orientador:
Prof. Dr. Marco Aurélio Mesquita**

**São Paulo
2004**

FICHA CATALOGRÁFICA

Takey, Flávia Midori

Planejamento da produção e estoques em um fabricante de produtos alimentícios com demanda sazonal, 2004.

1v.

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

1. Planejamento Agregado. 2. MPS.

I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t. I

À minha família pelo apoio,
dedicação e confiança durante
estes últimos cinco anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Marco Aurélio Mesquita pela confiança, dedicação e conhecimento passados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Andréa Sayuri Yaegashi, não só por ter viabilizado o desenvolvimento deste trabalho, mas também por ter sido uma gerente única, da qual sempre sentirei saudades.

Sou também muito grata a toda a equipe do Planejamento Logístico da Kibon, meus primeiros colegas de trabalho, em especial à Flavia Sebastiani, Patrícia Oliveira e Paloma Ishii, pelo total apoio mesmo durante os momentos mais conturbados do ano.

Agradeço à Prof^ª. Débora Ronconi por ter sido minha orientadora não-oficial, sempre disposta a ajudar no que estivesse ao seu alcance.

Agradeço também ao Prof. Paulo Carlos Kaminski por todo o apoio, confiança e pela amizade franca construída ao longo dos últimos quatro anos.

Agradeço profundamente à minha querida família, que, mesmo distante, esteve sempre comigo em todos os meus momentos felizes e tristes e enfrentou todos os sacrifícios para que eu pudesse chegar até aqui.

Finalmente, agradeço ao Wagner por todo o amor, carinho e companheirismo ao longo destes anos.

Espero realmente poder um dia retribuir a cada uma destas pessoas todo o apoio que recebi.

Flávia Takey

RESUMO

O trabalho apresentado teve seu foco na redução de estoques de uma empresa do setor alimentício com demanda fortemente sazonal. Ao longo do trabalho, percebeu-se que a melhor gestão de estoques dependia de uma melhoria do próprio processo de planejamento da produção. Para auxiliar a resolução dos problemas identificados, foram desenvolvidos dois modelos de apoio à decisão. O primeiro deles consiste em um modelo de planejamento agregado de produção de programação linear para a definição das metas de produção, estoques e administração da capacidade das linhas, já considerando neste nível da hierarquia de planejamento a variabilidade da demanda. O segundo, por sua vez, propõe uma desagregação das metas de produção e estoque entre os produtos de cada família, servindo de suporte ao processo de programação da produção (MPS) que, por sua vez, alimenta o MRP. A partir da efetiva utilização destes modelos, corrigindo os descasamentos dos processos atuais, espera-se que ocorra uma redução global dos estoques tanto de matérias-primas quanto de produto acabado, sem prejuízos ao nível de atendimento da demanda.

ABSTRACT

The work presented has focused on inventory management in a food company with a high seasonal demand. During this project, it was identified that the best inventory management depends on improvements in production planning process. By means of supporting the solution of problems identified, two decision support models have been developed. The first one is a linear programming aggregate production planning model for definition of production and inventory management and capacity planning considering demand uncertainty. The second one proposes a desegregation method for production volumes of families defined by the first model, supporting production scheduling process (MPS), which will be the input for MRP. By the effective usage of these models and correction of related planning processes, a global reduction of inventory levels of raw materials and end products is expected with no losses in service levels.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. A empresa	1
1.2. Produtos	5
1.3. Processo produtivo	9
1.3.1. Suprimento	9
1.3.2. Processo de fabricação	9
1.3.3. Distribuição Física	12
1.4. Planejamento de Produção.....	13
1.4.1. Estimativa de demanda	13
1.4.2. Plano mestre de produção	14
1.4.3. Planejamento das necessidades de materiais (MRP)	16
1.4.4. Programação da produção	17
1.5. Formulação do problema	18
1.5.1. Problemas encontrados na empresa	18
1.5.2. Iniciativas anteriores realizadas pela empresa	21
1.6. Objetivos do trabalho	24
1.7. Relevância do trabalho para a empresa.....	25
1.8. Estrutura do trabalho	26
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1. Hierarquia de planejamento de produção	28
2.1.1. Previsão de demanda.....	32
2.1.2. Estratégias de produção em ambientes com sazonalidade.....	34

2.1.3. Planejamento Agregado de Produção	37
2.1.4. Plano Mestre de Produção (Master Production Scheduling – MPS)	40
2.1.5. Programação da Produção (Scheduling)	41
2.2. Material Requirements Planning (MRP).....	42
2.3. Análise crítica do conceito de planejamento agregado.....	43
3. MODELO PROPOSTO	45
3.1. Modelo de Planejamento Agregado (M1)	46
3.2. Master Production Scheduler – MPS (M2)	55
4. APLICAÇÃO DOS MODELOS.....	61
4.1. Testes dos modelos	61
4.2. Cálculo dos estoques de segurança	62
4.3. Testes de validação.....	64
4.3.1. Modelo de Planejamento Agregado (M1).....	64
4.3.2. Modelo de Desagregação – MPS (M2).....	76
4.4. Análise dos resultados para a situação atual da empresa	78
4.5. Implementação dos modelos	86
4.5.1. Previsão de demanda.....	89
4.5.2. Planejamento agregado e MPS	90
4.5.3. Administração de materiais e programação da produção	93
5. CONCLUSÃO	96
5.1. Síntese do trabalho.....	96
5.2. Análise crítica	97
5.3. Desdobramentos	98
5.4. Considerações finais.....	100

ANEXO A: LEVANTAMENTO DOS DADOS	101
ANEXO B: RESULTADOS DOS TESTES.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148

LISTA DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Figura 1.1: Localização das plantas fabris da Kibon	3
Figura 1.2: Processos principais e de suporte do modelo de gestão da Kibon	4
Figura 1.3: Organograma da Kibon	4
Figura 1.4: Áreas da Diretoria de <i>Supply Chain</i> da Kibon	4
Figura 1.5: Estrutura do Planejamento Logístico.....	5
Figura 1.6: Demanda da Kibon para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste	7
Figura 1.7: Demanda da Kibon para as regiões Norte e Nordeste.....	7
Figura 1.8: Demanda total da Kibon por regiões geográficas.....	7
Figura 1.9: Processo de produção do sorvete.....	10
Figura 1.10: Conceitos do projeto das Mini-Fábricas.....	11
Figura 1.11: Hierarquia de planejamento de produção da Kibon	13
Figura 1.12: Gráfico ilustrativo do procedimento de alocação de produção do MPS da Kibon	16
Figura 1.13: Estoques por categoria de produtos acabados em dias de cobertura – Março 2004	18
Figura 1.14: Estoques de matérias-primas em dias de cobertura – Março 2004.....	18
Figura 1.15: Definição do problema	20
Figura 1.16: Proposta do modelo	23
Figura 1.17: Composição do lucro líquido da Kibon – exemplo esquemático	26

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 2.1: Níveis da hierarquia de planejamento (baseado em SANTORO (2003))	29
Figura 2.2: Hierarquia de planejamento de produção	30
Figura 2.3: Curva de demanda genérica.....	34
Figura 2.4: Plano 1 (<i>Level</i>) x Plano 2 (<i>Chase</i>).....	35
Figura 2.5: Plano 3 (Uso de mão-de-obra em horas extras).....	36
Figura 2.6: Plano 4 (Uso de subcontratação)	36
Figura 2.7: Plano 5 (Permissão de faltas)	37

3. MODELO PROPOSTO

Figura 3.1: Etapas de desenvolvimento do modelo de apoio à decisão	45
Figura 3.2: Detalhamento dos componentes de receita e custo na função objetivo...	53
Figura 3.3: Procedimento do modelo de apoio ao MPS	55

4. APLICAÇÃO DOS MODELOS

Figura 4.1: Estoques para diferentes níveis de serviço	65
Figura 4.2: Resultados obtidos para a Família 1	66
Figura 4.3: Utilização de capacidade sugerida pelo modelo.....	67
Figura 4.4: Demandas atendidas por família segundo a capacidade disponível.....	69
Figura 4.5: Pré-estocagem supondo tempos de produção iguais entre as famílias	70
Figura 4.6: Vendas e produção com o aumento dos custos de estoque	71
Figura 4.7: Uso da capacidade com o aumento dos custos de estoque.....	72
Figura 4.8: Vendas e produção com aumento de custos de horas extras	72
Figura 4.9: Uso da capacidade com o aumento dos custos de horas extras e subcontratação	73
Figura 4.10: Utilização da capacidade e mão-de-obra com custos de contratação e demissão atuais.....	74
Figura 4.11: Utilização da capacidade e mão-de-obra com custos de contratação e demissão 25% maiores	75
Figura 4.12: Distribuição da demanda prevista	76
Figura 4.13: Distribuição para desagregação da produção para vendas e ES.....	77
Figura 4.14: Distribuição para desagregação da produção para Pré-estocagem.....	77
Figura 4.15: Níveis de estoque atuais e sugeridos pelo modelo para um nível de serviço de 97,7%	78
Figura 4.16: Utilização da capacidade de produção para um plano sem estoques de segurança e subcontratação	79
Figura 4.17: Volume de produção nos planos com e sem horizonte rolante	81
Figura 4.18: Volume de estoque nos planos com e sem horizonte rolante.....	82
Figura 4.19: Utilização da capacidade para a demanda atual	84
Figura 4.20: Utilização da capacidade para 90% da demanda atual	85

Figura 4.21: Ganhos de margem em cada nível de serviço para uma melhoria de 50% no processo de previsão de demanda	86
Figura 4.22: Proposta de hierarquia de planejamento da Kibon	88

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO

Tabela 1.1: Composição do <i>portfolio</i> de produtos da Kibon	6
Tabela 1.2: Patamares de capacidade praticados pela Kibon.....	14

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 2.1: Decisões estratégicas, táticas e operacionais	29
Tabela 2.2: Variáveis de decisão típicas do modelo de planejamento agregado e custos associados	38

3. MODELO PROPOSTO

Tabela 3.1: Capacidade disponível para produção.....	47
Tabela 3.2: Exemplo – Participação prevista dos produtos na demanda da família F1	56
Tabela 3.3: Exemplo – Desagregação da demanda bruta e estoques de segurança ...	57
Tabela 3.4: Exemplo – Cálculo da demanda líquida.....	58
Tabela 3.5: Exemplo – Desagregação da produção para vendas e ES.....	59
Tabela 3.6: Exemplo – Desagregação da produção para pré-estocagem e conclusão da desagregação	60

4. APLICAÇÃO DOS MODELOS

Tabela 4.1: Famílias e número de SKU's selecionados.....	62
Tabela 4.2: Custos de produção	66
Tabela 4.3: Estimativas de margem por turno	68
Tabela 4.4: Custos de estoques	70
Tabela 4.5: Impactos da utilização de um horizonte rolante.....	83
Tabela 4.6: Modificações no processo de previsão de demanda	89

Tabela 4.7: Modificações nos processos de planejamento de produção.....	91
Tabela 4.8: Modificações nos processos de Administração de Materiais e Programação de Produção	93

ANEXO A: LEVANTAMENTO DOS DADOS

Tabela A.1: Vendas reais das famílias selecionadas (em Litons)	102
Tabela A.2: Erros padrões por família ocorridos no período analisado.....	103
Tabela A.3: Estoques de segurança para diferentes níveis de serviço	104
Tabela A.4: Exemplo – Composição histórica das vendas da F1	105
Tabela A.5: Receitas unitárias das famílias selecionadas	106
Tabela A.6: Custos de materiais.....	106
Tabela A.7: Custos de estoques	107
Tabela A.8: Capacidade limite de produção da Mini-Fábrica selecionada.....	108
Tabela A.9: Tempo de produção consumidas por família	109
Tabela A.10: Custos de produção das linhas selecionadas	109
Tabela A.11: Mão-de-obra consumidas por linha de produção	110
Tabela A.12: Custos de mão-de-obra.....	111

LISTA DE SIGLAS

CIF	<i>Cost, Insurance and Freight</i>
DAM	Desvio absoluto médio
ES	Estoque de segurança
FOB	<i>Free on Board</i>
FTE	<i>Full time equivalent</i>
HP	Horizonte de planejamento
HPP	Hierarquia de Planejamento de Produção
M1	Modelo 1: Modelo de Planejamento Agregado de Produção
M2	Modelo 2: Modelo de desagregação - MPS
MOD	Mão-de-obra direta
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
MTO	<i>Make-To-Order</i>
MTS	<i>Make-To-Stock</i>
NS	Nível de serviço
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PR	Período de revisão
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
SCC	<i>Supply Chain Cost</i>
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise dos processos de Planejamento de Produção e Estoques em um fabricante com demanda sazonal, visando a identificar oportunidades de redução de custos de estoques e de produção, sem prejuízo do atendimento ao cliente.

Embora o seu foco inicial tenha sido a gestão de estoques de matérias-primas, este projeto envolve todo o planejamento de produção e estoques, já que o desempenho da gestão de matérias-primas, com demanda dependente, possui relação direta com a gestão de produção e estoques de produtos acabados, com demanda independente.

Este trabalho é realizado na Kibon, sendo o Planejamento Logístico a área de atuação do projeto.

1.1. A empresa

Por volta de 1938, na cidade de Shangai na China, uma próspera indústria de sorvetes, ovos desidratados e chocolates, a Hazelwood Ice Cream Co. foi atingida pela guerra entre China e Japão e procurou um novo país para se instalar.

Assim, na cidade do Rio de Janeiro, no dia 24 de julho de 1941, era fundada a primeira indústria brasileira de sorvetes, a U.S. Harkson do Brasil. No início, a empresa contava com 50 carrinhos, 4 conservadoras e um quadro de funcionários com 7 pessoas.

Em junho de 1943, a empresa inaugurou sua primeira filial no bairro da Mooca e, diversificando sua linha de produtos, passou a produzir tabletes de chocolate, bombons, confeitos e pirulitos.

A Harkson continuou crescendo com a construção de uma nova fábrica no Rio de Janeiro, à rua Visconde de Niterói, no bairro da Mangueira, hoje desativada.

A segunda década da Companhia foi caracterizada pela expansão das atividades e introdução do nome Kibon na razão social da empresa, passando a denominar-se Cia.

Harkson de Indústria e Comércio Kibon. Nessa época, eram produzidos picolés, copinhos de sorvete e bolos de sorvete feitos por encomenda e entregues a domicílio.

A fábrica de São Paulo começou a ficar pequena e, por isso, a empresa comprou outro terreno, no bairro do Brooklin, e a construção da nova (e atual) fábrica começou em 1958.

Em 1960, a empresa passou a chamar Kibon S/A Indústrias Alimentícias. A General Foods, empresa multinacional com sede nos EUA, transformou-se em sua maior acionista, ampliando a rede de distribuição. Além das filiais, o atendimento passou a ser feito também por distribuidores exclusivos. A Kibon continuou sozinha no mercado brasileiro de sorvetes até 1971, quando surgiram novos concorrentes.

Em 1976, a Kibon associou-se aos antigos donos da Maguary Produtos Alimentícios, formando a Sorvane, instalada em Recife (PE). Ao final de 1982, a empresa realizou um acordo com a Q-Refres-Ko Indústria e Comércio, que ficou responsável pela produção de toda a linha seca (chocolate, bebidas em pó, confeitos e gomas de mascar). A Kibon detinha 50% do capital dessa associação.

A partir de 1982, a Kibon passou a dedicar-se exclusivamente à produção de sorvetes.

A Kibon foi adquirida oficialmente pelo grupo Unilever em 20 de outubro de 1997, sendo um negócio de aproximadamente US\$ 900 milhões, o que representou a maior aquisição do grupo fora dos EUA e Europa.

Assim, a Kibon passou a ser a divisão de sorvetes da Unilever Brasil, que passou a ter três grandes áreas de negócio no país:

- **HPC – Home and Personal Care:** divisão de beleza, higiene pessoal e limpeza doméstica, composta pelas unidades Lever e Elida Gibbs
- **Unilever BestFoods:** divisão de alimentos
- **Kibon:** divisão de sorvetes da Unilever

Estas unidades de negócio trabalham independentes, mas reportam as decisões estratégicas, lucros e dividendos para a mesma matriz.

A aquisição da empresa pela Unilever teve um forte impacto sobre a empresa como um todo. Em primeiro lugar, a grande maioria dos cargos gerenciais foi substituída por administradores estrangeiros da própria Unilever. Além disso, todos os processos administrativos da empresa foram modificados de acordo com os padrões internacionais de todas as filiais da multinacional e, por consequência desta reestruturação, houve muitos cortes de pessoal.

Em outubro de 2000, a Unilever adquiriu os 50% restantes da Kibon Sorvane. Com isto, a Kibon possui hoje duas fábricas, uma localizada na cidade de São Paulo (Brooklin) e outra em Recife, separadas por uma distância de aproximadamente 3.000 Km.



Figura 1.1: Localização das plantas fabris da Kibon

A Kibon trabalha orientada por processos. Como se pode observar na figura a seguir, três grandes processos são a base do modelo de negócios da Kibon, direcionados pela estratégia e visão corporativas e apoiados por uma série de processos de suporte.

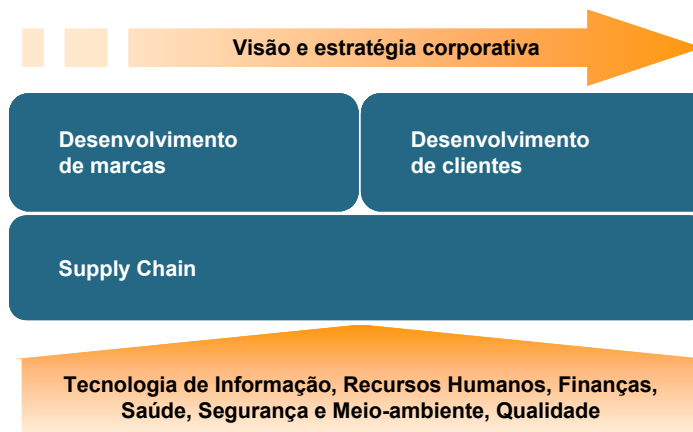


Figura 1.2: Processos principais e de suporte do modelo de gestão da Kibon

A Kibon é organizada em seis diretorias, conforme a figura a seguir:

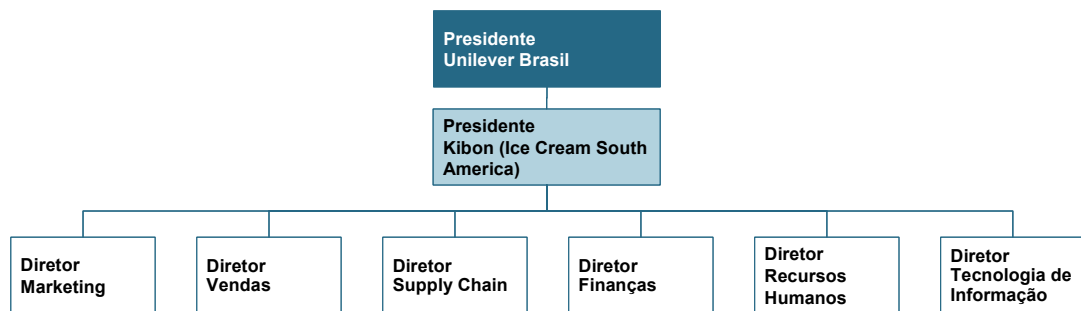


Figura 1.3: Organograma da Kibon

O *Supply Chain*, principal diretoria envolvida neste projeto, abrange todos os processos desde o gerenciamento de materiais e fornecedores até a entrega dos produtos acabados ao consumidor final.

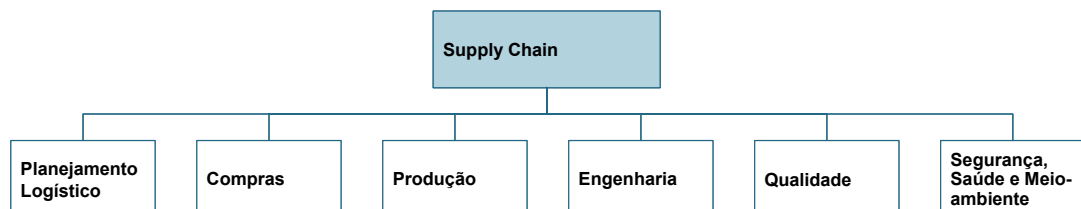


Figura 1.4: Áreas da Diretoria de *Supply Chain* da Kibon

Dentro de *Supply Chain* a área de Planejamento Logístico tem como principal função trabalhar as informações de volume estimado de vendas, disponibilidade de matéria-prima e materiais de embalagem, níveis de estoque de produtos acabados e capacidade produtiva de fábrica.

Esta área tem então como função proporcionar condições para que os processos logísticos da empresa funcionem de forma correta, eficiente a ao menor custo possível, garantindo que os processos de produção, compra, armazenagem e entrega sejam seguidos de forma a atender as necessidades dos clientes da empresa. A seguir, é apresentada a estrutura da área de Planejamento Logístico.

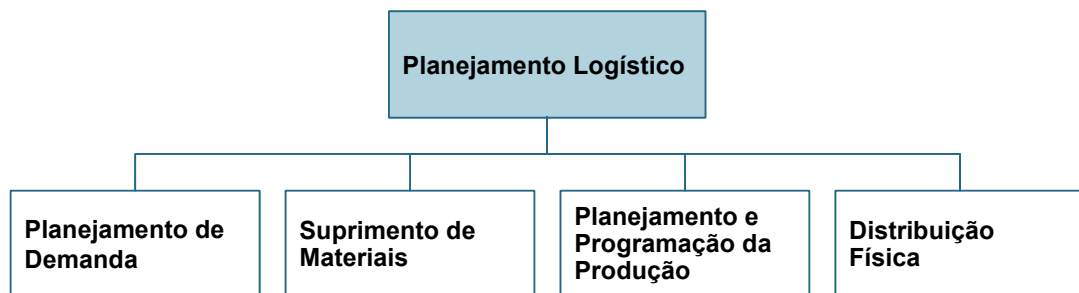


Figura 1.5: Estrutura do Planejamento Logístico

O Planejamento Logístico foi o departamento onde a autora realizou o seu estágio supervisionado, no qual foram realizados projetos envolvendo todos os processos do Planejamento Logístico. A realização de atividades em todos os pontos da cadeia logística da empresa foi importante para que fosse desenvolvida uma visão mais sistêmica dos processos da empresa, seus pontos fortes e problemas.

No entanto, este projeto em particular envolveu fortemente também a área de Compras do *Supply Chain*, uma vez que está intimamente ligada à Administração de Materiais, principal foco deste trabalho.

1.2. Produtos

Os produtos comercializados pela Kibon atualmente são divididos em três grandes linhas:

- **Linha *Impulse*:** é formada por produtos que têm como principal característica o consumo imediato após a compra. Os principais produtos desta linha são os picolés (Fruttare, Ao Leite, Magnum, Kids, Kibonbon), cones (Cornetto) e copos (Cornetto Sunday, Copo Light).
- **Linha *Take Home*:** esta é a linha formada por produtos comercializados em supermercados, hipermercados, padarias e outros estabelecimentos comerciais e que são destinados a consumo posterior. Fazem parte desta linha os potes 2l, potes 1l e multipacks.
- **Linha *Food Service*:** esta linha é constituída por produtos institucionais, que são comercializados em lanchonetes e restaurantes para consumo no próprio estabelecimento comercial. Fazem parte desta linha os potes 5l/10l, coberturas, Soft Ice e o Cornetto Express.

O *portfolio* de produtos da Kibon é composto por cerca de 150 itens, distribuídos em suas três grandes linhas conforme a tabela a seguir:

Tabela 1.1: Composição do *portfolio* de produtos da Kibon

Linhas	Produtos
Impulse	53
Take Home	47
Food Service	46
Total	146

É importante observar que o consumo *per capita* brasileiro de sorvetes ainda é muito baixo e altamente influenciado pelas condições climáticas e nível de renda da população. Isto ocorre porque o sorvete ainda é considerado um produto supérfluo e, portanto, seu consumo ainda é por impulso.

Assim, nota-se que não há grande variação entre o comportamento da demanda entre as linhas de produtos, mas sim entre regiões geográficas de condições climáticas e níveis de renda distintos, como se pode observar nas Figuras 1.6, 1.7 e 1.8.

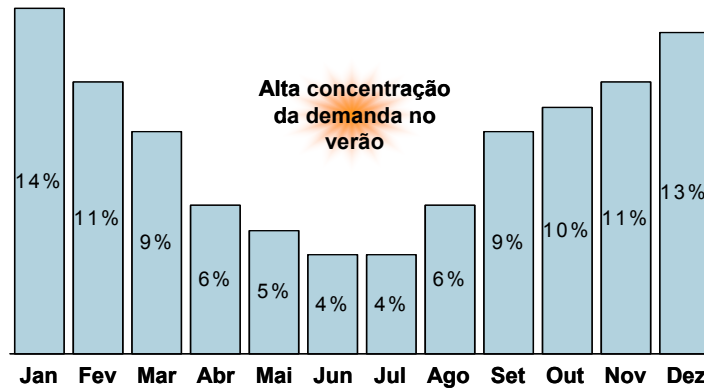


Figura 1.6: Demanda da Kibon para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste

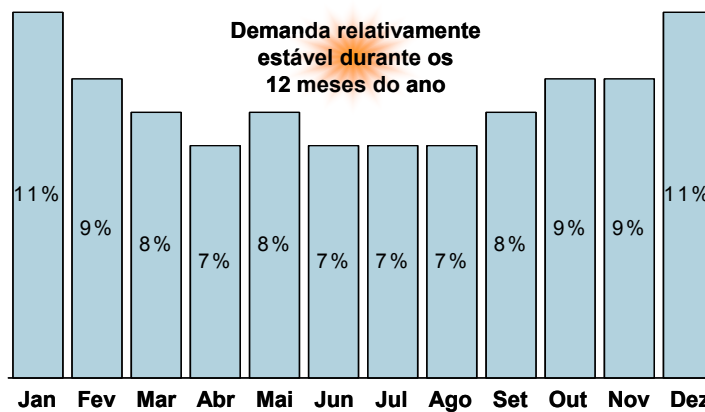


Figura 1.7: Demanda da Kibon para as regiões Norte e Nordeste

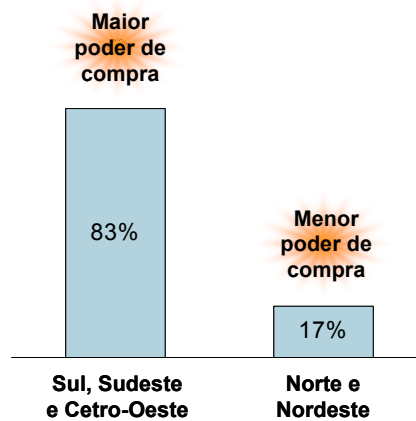


Figura 1.8: Demanda total da Kibon por regiões geográficas

Analisando a Kibon através das estratégias competitivas genéricas de PORTER (1986), podemos classificar a estratégia da empresa como uma liderança por diferenciação. Esta estratégia mostra-se mais adequada à empresa dado que a mesma já possui uma marca extremamente forte no mercado brasileiro de sorvetes¹, principalmente na classe média da população, a de maior representatividade no consumo total.

A força de suas marcas mostra-se uma arma eficaz tanto na competição com a Nestlé (sua principal concorrente), compensando suas marcas também consolidadas no mercado brasileiro, quanto contra a concorrência das marcas "primeiro preço", já que a competição por custo seria economicamente inviável, uma vez que a estrutura de custos de uma empresa formal de grande porte como a Kibon é muito maior, principalmente por oferecer produtos de melhor qualidade e possuir custos relacionados a tributação, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e marketing.

Assim, a Kibon alavanca suas vendas através de uma estratégia contínua de novos lançamentos, complementando sua estratégia de diferenciação. Como cada novo lançamento apresenta um forte pico nos primeiros meses de comercialização (experimentação), esse comportamento foi "institucionalizado" através de diversos lançamentos, retiradas de mercado e relançamentos ao longo do ano.

É importante destacar que esta estratégia impacta fortemente os processos logísticos da empresa, já que demanda extrema agilidade e flexibilidade diante das constantes mudanças em seu *portfolio* de produtos, como veremos ao longo deste trabalho.

¹A Kibon possui 56% de participação no mercado e foi eleita a marca mais confiável do país em sua categoria pela pesquisa "Marcas de Confiança 2003", feita pela Revista Seleções e Instituto Ipsos.

1.3. Processo produtivo

1.3.1. Suprimento

Os insumos para a produção de sorvetes na Kibon podem ser divididos em 18 famílias, totalizando cerca de 400 itens distintos.

Como a grande maioria dos fornecedores encontra-se na Região Sudeste, os itens que abastecem a fábrica de São Paulo são comprados CIF (*Cost, Insurance and Freight*) enquanto os da Sorvane são FOB (*Free on Board*).

Assim, os materiais destinados à Kibon São Paulo são entregues diretamente no almoxarifado da fábrica, enquanto os destinados à Sorvane são enviados aos depósitos das empresas transportadoras contratadas pela Kibon atualmente localizados na Grande São Paulo, de onde são transportados em fretes não exclusivos para o almoxarifado em Recife. O transporte de cargas entre as duas cidades leva, em média 3 dias para ser realizado.

Há também a possibilidade de envio de cargas de matéria-prima de uma fábrica a outra em casos emergenciais para que se evite a parada de produção por falta dos mesmos ou a perda por obsolescência ou vencimento do prazo de validade.

1.3.2. Processo de fabricação

O processo produtivo da Kibon segue uma série de etapas:

- **Recepção e armazenamento dos ingredientes líquidos:** os ingredientes líquidos são já armazenados em tanques ligados às linhas de produção, havendo a necessidade apenas de ajustes para a sua entrada nas mesmas.
- **Recepção e armazenamento de ingredientes sólidos:** os ingredientes sólidos são trazidos do almoxarifado para a entrada das linhas para abastecimento das mesmas.

- **Pesagem dos ingredientes e preparação da mistura:** separação e pesagem dos materiais de acordo com a formulação dos produtos a serem produzidos e diluição em tanques, formando a "mistura", base do sorvete.
- **Homogeneização:** fracionamento (redução de tamanho) dos glóbulos de gordura.
- **Pasteurização:** rápido aquecimento seguido de resfriamento brusco da temperatura da mistura para eliminação de contaminações por microorganismos patogênicos.
- **Maturação:** processo natural de hidratação dos estabilizadores e diluição de polpas, sucos, aromas e corantes em grandes tanques de inox.
- **Batimento:** incorporação da água e o congelamento parcial da mesma. Com batimento constante a mistura se congela e incorpora ar, adquirindo a consistência de sorvete.
- **Envase:** congelamento parcial da mistura preparada já nas formas e embalagens do produto final.
- **Congelamento:** congelamento final do produto por 48 horas em câmaras frias sob frio de -30°C para preservação de seu formato e maior conservação no transporte.

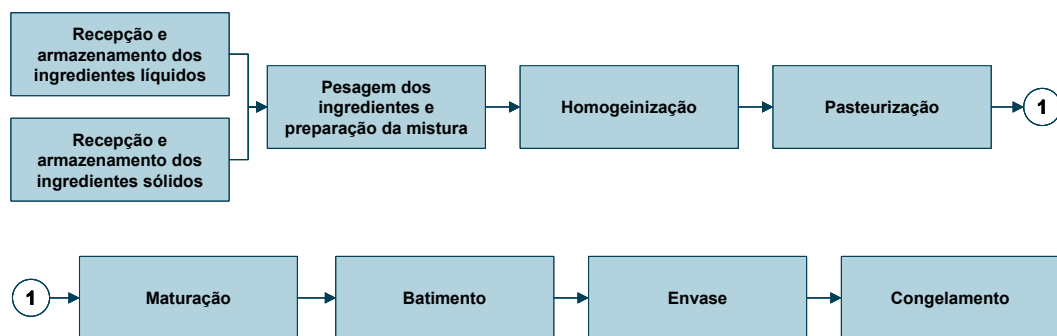


Figura 1.9: Processo de produção do sorvete

A produção de sorvetes segue um processo contínuo até o envase, quando passa a ser um processo discreto, dividido em uma série de linhas de produção de acordo com as características físicas do sorvete a ser produzido (forma, embalagem, etc). A Kibon trabalha em um sistema de produção intermitente repetitivo, ou seja, programa sua produção através de lotes, mas possui um *portfolio* bem definido de produtos.

A fábrica São Paulo é responsável pela produção de cerca de 70% da produção total da Kibon. Nesta fábrica, foi implementado um sistema de Organização do Trabalho baseado em grupos semi-autônomos que são denominados pela empresa de mini-fábricas. O projeto das mini-fábricas é uma forma de organização do trabalho que divide o território da manufatura de acordo com as tecnologias de produção. Assim, criaram-se as seguintes mini-fábricas:

- **Processos:** é a mini-fábrica responsável por toda a parte inicial do processo produtivo dos sorvetes, desde a mistura até o batimento (como explicado anteriormente);
- **Comets:** é a mini-fábrica responsável pelo envase dos potes;
- **Extrudados:** é a mini-fábrica responsável pelo envase dos produtos que são produzidos por extrusão (ex: Eskibon, Magnum, etc);
- **Copos:** é a mini-fábrica responsável pelo envase dos sorvetes em copo;
- **Picolés:** é a mini-fábrica responsável pelo envase dos picolés da Kibon.

O projeto das mini-fábricas teve como objetivo tornar os operários mais participantes no processo produtivo podendo opinar sobre suas tarefas e tendo conhecimento das metas da empresa, e se tornando parte importante para alcançar estas metas. Com este novo método, a empresa pretende alcançar a excelência no processo produtivo, relacionando os processos e os recursos humanos. As características que influenciam as mini-fábricas são apresentadas na figura a seguir:

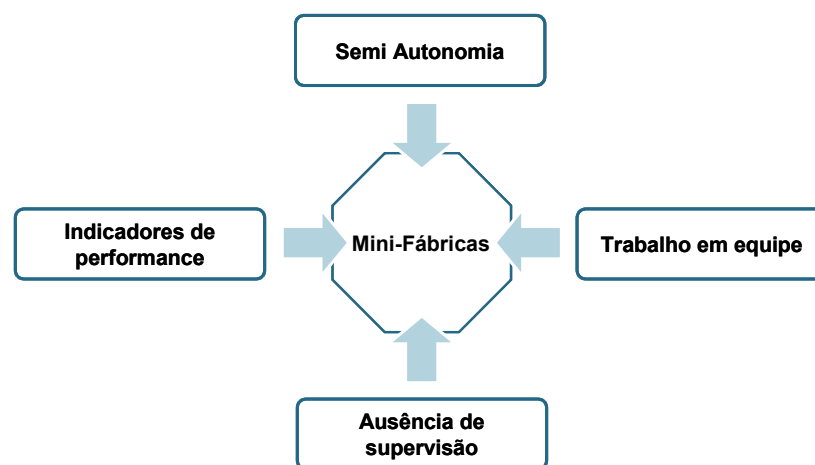


Figura 1.10: Conceitos do projeto das Mini-Fábricas

As duas fábricas trabalham 24 horas por dia em 3 turnos de 8 horas. Durante o inverno, a jornada vai normalmente de segunda a sexta, enquanto nos meses de dezembro a fevereiro a mesma é estendida também aos sábados e domingos para atendimento do pico da demanda deste período.

Para ambas as fábricas, há as seguintes restrições de programação de produção:

- É necessária a realização de *setups* entre a fabricação de dois produtos distintos na mesma linha. Estes *setups* podem durar de 1 a 3 turnos, de acordo com os produtos envolvidos e a seqüência de produção.
- Os lotes mínimos e múltiplos de cada produto dependem diretamente da capacidade dos tanques de mistura, de maneira que as perdas de capacidade e materiais sejam minimizadas, e da duração de seu *setup*, para que o lote seja economicamente viável.
- Cada linha de produção é adaptada para produzir um *portfolio* específico de produtos. Assim, por compartilharem a mesma linha de envase, este *portfolio* não pode ser produzido simultaneamente.
- As reprogramações emergenciais só podem ser realizadas com até 48 horas de antecedência, já que este é o tempo necessário para o descongelamento de polpas e preparo da mistura (etapas contínuas do processo produtivo).

1.3.3. Distribuição Física

A Kibon distribui os seus produtos através de centros de distribuição próprios (internamente chamados de "filiais") e de distribuidores exclusivos terceirizados.

O que é chamado de distribuição primária envolve basicamente a primeira etapa da distribuição, equivalente ao tradicional atacado; as vendas, nesse caso, são feitas em *pallets* fechados. Esse "atacado" corresponde às filiais e distribuidores da Kibon, estes geralmente exclusivos, que são encarregados de entregar os produtos nos pontos de venda (distribuição secundária).

A distribuição secundária, ou seja, o abastecimento dos pontos de venda, está sob a responsabilidade da área de Serviço aos Clientes, subordinada à Diretoria de Vendas. Esta é feita pela frota de cada filial/distribuidor. Para torná-la eficiente, é realizado um trabalho de roteirização integrada de toda a frota, feita através de um sistema denominado “*Truck-Stop*” desenvolvido exclusivamente para a empresa.

1.4. Planejamento de Produção

A Kibon trabalha atualmente com uma estrutura hierárquica de planejamento, conforme mostra a figura a seguir.

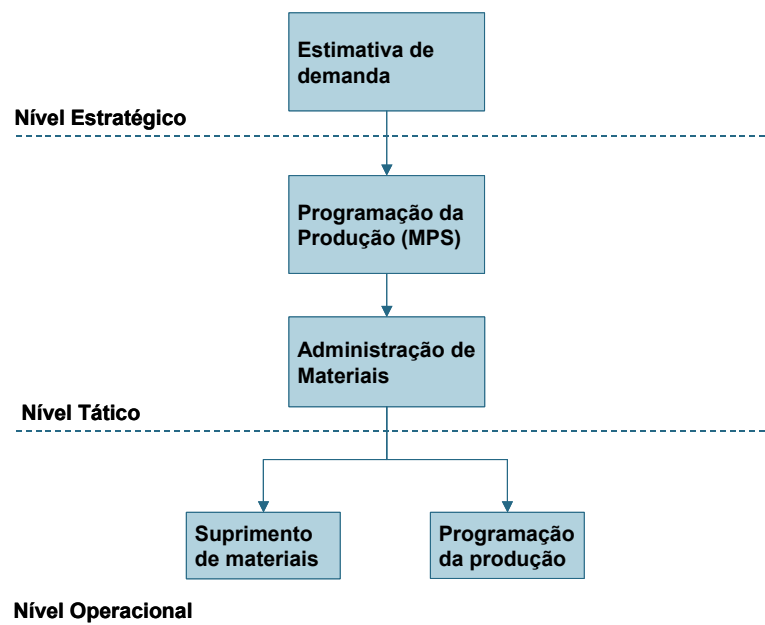


Figura 1.11: Hierarquia de planejamento de produção da Kibon

1.4.1. Estimativa de demanda

Atualmente, o processo de previsão de demanda na Kibon tem como participantes a área de Planejamento Logístico (Planejamento de Demanda), a área de *Trade Marketing* e a área de *Marketing*.

A área de Planejamento de Demanda é responsável pelo *Baseline Forecast*, que corresponde aos dados históricos de vendas e serve como base para a previsão

operacional de demanda. Já *Trade Marketing* e *Marketing* são responsáveis pelo *Event Forecast* (componente da previsão de demanda que leva em consideração promoções, mídia, ações de campo, etc) e pelo *New Product Forecast* (componente de previsão de demanda que estuda os lançamentos de produtos, “canibalizações”², enchimento de canal de vendas e possíveis obsolescências de produtos). A partir da consolidação das três componentes citadas, chega-se à previsão operacional do Volume de Demanda.

Estas estimativas já são realizadas de forma desagregada, ou seja, determinando os volumes individuais de cada SKU.

As estimativas de demanda têm um horizonte de planejamento de 12 meses com unidades de tempo mensais. Sua revisão é realizada mensalmente para todo o horizonte de planejamento, com maior ênfase no trimestre subsequente.

1.4.2. Plano mestre de produção

Como pôde ser observado na Figura 1.11, a Kibon não realiza nenhum tipo de planejamento agregado de produção. Isto ocorre por dois motivos principais:

Em primeiro lugar, **a estratégia de produção das fábricas já é pré-fixada**, independente do processo de estimativa de demanda. Nesta estratégia, a Kibon trabalha com dois patamares fixos de capacidade de produção, conforme a tabela abaixo:

Tabela 1.2: Patamares de capacidade praticados pela Kibon

Meses	Dias/semana	Turnos
Março a Agosto	5 dias/sem	15 turnos
Setembro a Fevereiro	6 dias/sem	18 turnos

Este ganho de capacidade entre os meses de setembro e fevereiro é obtido pela contratação de funcionários temporários e pagamento de horas extras. Em casos

² Termo utilizado para quando um produto lançado toma consumidores de um produto já existente.

extremos, a capacidade é ampliada para também aos domingos, mediante o pagamento de horas extras ainda mais caras.

Além da fixação da política de uso da capacidade, a realização das **estimativas de demanda já desagregadas no nível mais alto da hierarquia de planejamento** também desestimula a realização de um plano agregado nos níveis subsequentes.

Estes dois fatores induzem o Planejamento Logístico da Kibon a realizar diretamente o seu plano de produção (*Master Production Schedule* – MPS) desagregado por SKUs.

Assim como o processo de S&OP, o MPS é também realizado com horizonte de planejamento de 12 meses com *time buckets* e períodos de revisão mensais.

O plano de produção precisa ter este horizonte de 12 meses justamente devido à inexistência de um planejamento agregado e forte sazonalidade da demanda, que gera uma necessidade de pré-estocagem de produtos nos meses de inverno para compensar o pico de demanda do verão.

Esta pré-estocagem é baseada em duas premissas básicas:

- **A produção deve respeitar uma cobertura de no mínimo 21 dias**, ou seja, ao final de cada mês, os estoques devem atender à demanda estimada para as primeiras três semanas do mês seguinte.
- **A produção deve ser alocada o mais tarde possível**, tentando minimizar o tempo de estocagem e o risco de produção excessiva por erros de previsão.

A figura a seguir ilustra o efeito destas duas premissas sobre os planos de produção mensais:

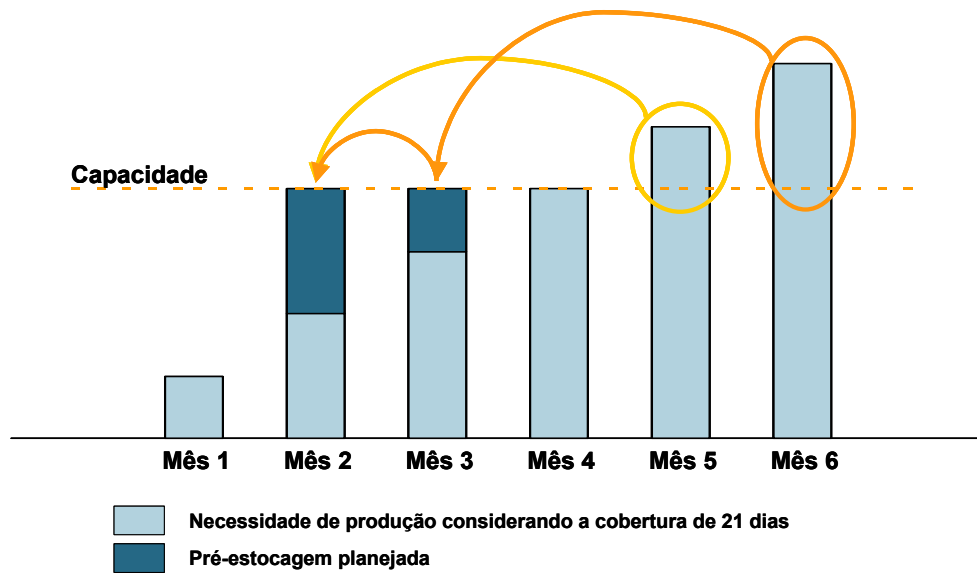


Figura 1.12: Gráfico ilustrativo do procedimento de alocação de produção do MPS da Kibon

1.4.3. Planejamento das necessidades de materiais (MRP)

Para a administração de materiais da Kibon, é utilizado o sistema MRP, que realiza o cálculo das necessidades líquidas de matérias-primas para o atendimento do plano mestre de produção (MPS) obtido no processo anterior.

A partir das necessidades calculadas, são enviados aos fornecedores os seus correspondentes pedidos de compra. Atualmente, o *lead time* acordado é de trinta dias para a grande maioria dos itens, exceto os importados, com *lead time* de até noventa dias.

Os fornecedores são gerenciados de duas formas distintas:

- **Follow up:** os pedidos realizados no início do mês são entregues de uma só vez após o *lead time* de 30 dias. Cabe à Kibon o acompanhamento dos recebimentos no almoxarifado de cada uma das fábricas. Este é o sistema atualmente empregado para a maior parte dos itens comprados pela empresa.

- **Call off:** uma previsão de consumo para os próximos três meses é passada para o fornecedor e, a partir das programações de produção, o Almoxarifado (também subordinado ao Planejamento Logístico) realiza as "puxadas" dos materiais necessários para as próximas duas semanas. A Kibon se compromete contratualmente com seus fornecedores a consumir no mínimo 75% do volume previsto, enquanto o fornecedor se compromete a ter sempre 100% de disponibilidade. Este sistema é utilizado para itens de maior consumo, evitando entregas de grande volume de uma só vez.

1.4.4. Programação da produção

A Kibon não utiliza nenhum modelo matemático de apoio à decisão para a realização de sua programação de produção.

Por isto, regras de priorização de produção foram estabelecidas, concentrando a produção de produtos A (de maior volume de vendas) nas duas primeiras semanas do mês, sendo então seguidos pela produção dos itens B e C.

É importante destacar que os volumes de produção programados não respeitam integralmente os resultados do plano de produção (MPS), pois, a cada semana, uma nova revisão da estimativa de vendas do mês corrente é realizada com base na comparação entre as vendas estimadas anteriormente e as efetivamente realizadas, na tentativa de amenizar os erros de previsão de demanda e evitar o acúmulo de estoques de produtos acabados.

Com isto, as regras de priorização tentam minimizar problemas de acúmulo de estoques por erros de previsão de demanda, já que os itens A são de alto giro e, por isto, excessos de produção serão facilmente escoados no mês seguinte. Além disso, há mais tempo para analisar o desempenho das vendas de itens B e C, evitando que estoques mais difíceis de serem escoados sejam acumulados.

Assim, a programação de produção é influenciada não só pelo plano de produção (MPS), mas também pelo desempenho das vendas ao longo do mês e as

conseqüentes alterações nas estimativas de vendas e pela disponibilidade de materiais para a adaptação da produção a estas alterações, já que, como descrito anteriormente, os *lead times* da maioria dos seus fornecedores é de 30 dias, impossibilitando uma alteração das ordens de produção já emitidas com base nos volumes de produção do MPS.

1.5. Formulação do problema

1.5.1. Problemas encontrados na empresa

O principal motivador para a realização deste trabalho foi o elevado nível dos estoques mantidos pela empresa tanto de produtos acabados quanto de matérias-primas.

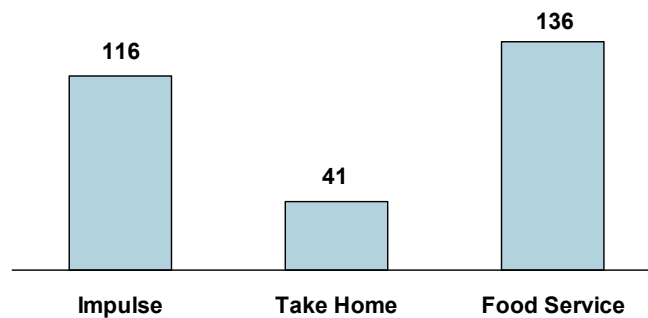


Figura 1.13: Estoques por categoria de produtos acabados em dias de cobertura – Março 2004

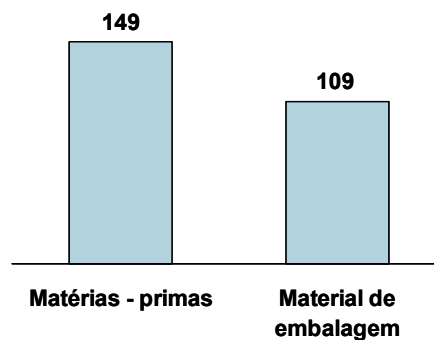


Figura 1.14: Estoques de matérias-primas em dias de cobertura – Março 2004

Destaca-se que não havia pré-estocagem prevista no momento em que estes níveis de estoques foram registrados, ou seja, apenas uma cobertura de 21 dias de produtos acabados (política adotada atualmente pelo MPS) e 30 dias para matérias-primas (*lead time* médio dos fornecedores) seria justificável.

Analisando os processos atuais da empresa, notou-se que a principal causa destes estoques elevados é o descasamento entre a programação semanal de produção e os demais processos do planejamento, em especial o plano mestre de produção e o MRP.

Este descasamento ocorre porque a programação de produção tem hoje flexibilidade para definir os volumes de produção de acordo com os volumes de vendas e estoques do momento e com revisões semanais da previsão de demanda, sob a restrição da disponibilidade de materiais, independente do planejamento de produção realizado pelo MPS. Assim, tende-se a ser dado um maior enfoque ao planejamento de curtíssimo prazo, tentando manter sempre a cobertura de 21 dias para todos os produtos, mesmo que isto afete o cumprimento das metas de pré-estocagem previstas.

Na realidade, fazendo uma análise sistêmica deste problema, percebe-se que a não consideração dos erros de previsão de demanda (que são bastante significativos) já nos primeiros níveis da hierarquia de planejamento faz com que haja uma tentativa de adaptação ao longo do mês, através das revisões semanais da estimativa de vendas e reprogramações de produção.

Como todo o planejamento de suprimentos é realizado através de um sistema MRP baseado no planejamento de produção (MPS), com período de revisão mensal e horizonte de planejamento de 12 meses, os processos de administração de materiais também foram estruturados desta forma, com o envio das ordens de compra mensais inteiras de uma só vez. Assim, todas estas variações de produção dentro do mês não são percebidas e, portanto, o tempo de resposta do Suprimento de Materiais também é excessivamente longo e não impede que compras desnecessárias sejam realizadas, elevando os níveis de estoques. Por outro lado, a venda acima do esperado de alguns

produtos gera demandas não previstas de seus itens de matéria-prima, suprida através de fretes emergenciais (de maior custo).

Além disso, a mudança dos volumes de produção ao longo do mês também não está sendo eficaz, já que os estoques permanecem com níveis muito altos, ou seja, continua havendo produção desnecessária de uma série de itens, como foi mostrado nos gráficos anteriores.

A figura a seguir sintetiza os descasamentos observados entre os processos da hierarquia de planejamento:

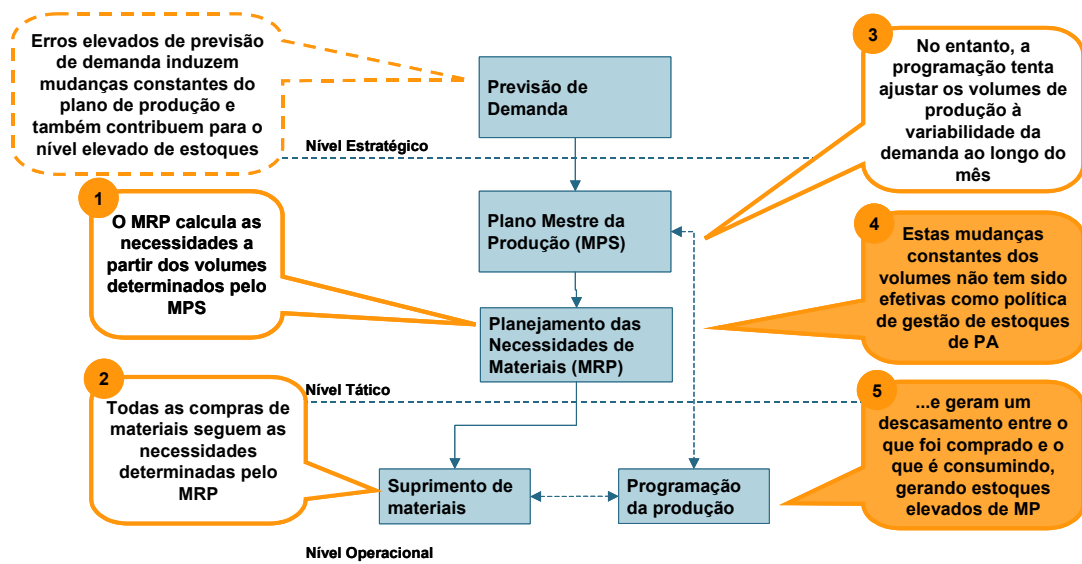


Figura 1.15: Definição do problema

A análise geral dos processos de planejamento atuais também evidenciou um possível potencial de melhorias para a empresa.

Conforme dito anteriormente, a empresa adota uma política de uso de capacidade em dois patamares fixos ao longo do ano e sempre produz todo o volume necessário para atender sua demanda. Como há esta pré-fixação da capacidade, pode estar havendo pré-estocagem de produtos por mais tempo e em maior quantidade do que ocorreria caso a utilização de horas extras ocorresse por um período maior do que o atual (produção empurrada acima do planejado). Como os custos de estoque de sorvetes

são bastante elevados, seria importante analisar o impacto dos mesmos nas margens de lucro dos produtos e verificar se a estratégia adotada é realmente a mais adequada para os níveis de demanda atuais da empresa.

No entanto, a definição desta estratégia de produção não teve nenhum estudo considerando os custos totais envolvidos. Esta deficiência é especialmente relevante em ambientes de alta sazonalidade, como é o caso da empresa estudada, já que, por não haver capacidade suficiente para uma estratégia *chase* pura, o planejamento de produção precisa balancear uma quantidade maior de variáveis e custos associados, como metas de estoques, sub-contratação, contratação e demissão de mão-de-obra e horas extras.

A ausência de um modelo de apoio à decisão dificulta a consideração de todos estes fatores simultaneamente e acaba desestimulando uma revisão desta estratégia para verificação de sua adequação.

1.5.2. Iniciativas anteriores realizadas pela empresa

Para solucionar parte os problemas apresentados, a empresa já possui algumas iniciativas em andamento, embora ainda não tenham sido completamente implementadas.

Para a minimização dos problemas de previsão de demanda, um modelo foi desenvolvido por KIYUZATO (2001) e está sendo aprimorado atualmente pela área de Planejamento Logístico, para que se adapte às condições atuais do *portfolio* da Kibon e possa ser implementado.

KIYUZATO (2001) realizou uma análise de 25 famílias de produtos da Kibon para a seleção do modelo de previsão de demanda melhor aplicável para cada caso, levando em consideração não só a aderência de cada modelo à demanda real de cada produto, mas também a sua aplicabilidade nos processos de planejamento da Kibon.

Foram analisados por KIYUZATO (2001) os seguintes modelos ou combinações:

- Modelo1: Suavização Exponencial
- Modelo2: Série de Fourier
- Modelo3: Série de Fourier “Suavizada”
- Combinação A: Suavização Exponencial + Série de Fourier
- Combinação B: Suavização Exponencial + Série de Fourier “Suavizada”
- Combinação C: Série de Fourier + Série de Fourier “Suavizada”
- Combinação D: Suavização Exponencial + Série de Fourier + Série de Fourier “Suavizada”

No entanto, a adoção de estratégias para lidar com a alta variabilidade da demanda (erros de previsão) ainda não faz parte desta iniciativa.

Posteriormente, GRAMIGNA (2002) desenvolveu um modelo de planejamento agregado para a Kibon. Segundo o autor, a política da companhia é trabalhar com uma capacidade de mão-de-obra direta fixa durante 6 meses e aumentando esta capacidade nos outros 6 meses que contemplam o período de pico de demanda.

Considerando este horizonte de planejamento, as entradas do modelo desenvolvido foram:

- **Demanda:** previsão de vendas prevista para cada mês (em litros). A demanda já é definida por famílias (agregada). Considerou-se como premissa do modelo que toda falta de um período seria considerada venda perdida, ou seja, não poderia ser recuperada no período seguinte.
- **Estoque inicial:** quanto de produto acabado estava em estoque no início do período analisado.
- **Lote mínimo:** quanto (em litros) produz no mínimo cada máquina
- **Custos de conversão:** a composição dos custos de produção na Kibon é formada por três componentes básicos: materiais diretos (matéria-prima e material de embalagem), mão-de-obra direta e gastos gerais de fabricação (fixos e variáveis)

Além das entradas do problema, o modelo de otimização exigiu que fossem consideradas as restrições que interferem no problema:

- **Capacidade de máquina:** quanto cada máquina consegue produzir de uma determinada família de produtos em um determinado período de tempo.
- **Capacidade de mão-de-obra direta:** esta restrição está relacionada a quanto pode ser produzido com a mão-de-obra que está disponível.

A partir das entradas e das restrições definidas, a principal saída do modelo foi a quantidade de produção e falta para cada período que geram um menor custo para a empresa.

A seguir é apresentado um diagrama que resume os principais parâmetros do problema em questão:

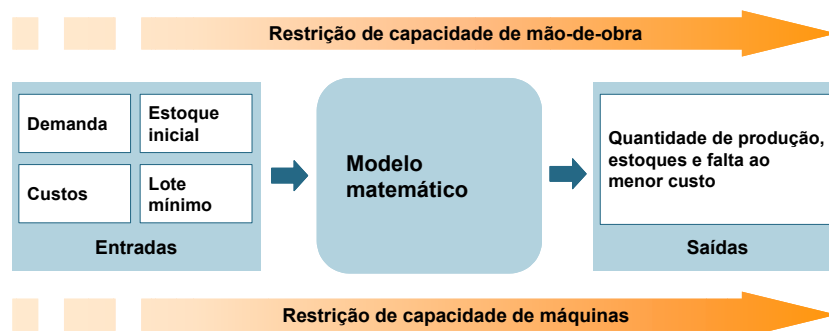


Figura 1.16: Proposta do modelo

Embora tenha se mostrado aderente à situação da empresa na época em que foi desenvolvido, este modelo não foi implementado. As condições atuais dos processos do Planejamento Logístico demandam algumas mudanças neste método proposto para que se torne mais adequado. Como será melhor descrito mais adiante neste capítulo, o desenvolvimento de uma evolução deste modelo será parte do escopo deste trabalho.

1.6. Objetivos do trabalho

O objetivo deste trabalho será a redução dos atuais níveis de estoques da empresa. Inicialmente, apenas os estoques de matérias-primas eram parte do escopo deste trabalho. No entanto, após uma análise dos processos do Planejamento Logístico, concluiu-se que, por se tratarem de itens de demanda dependente, somente uma solução mais sistêmica envolvendo todo o planejamento da produção e estoques de produtos acabados seria eficaz para eliminação dos problemas diagnosticados.

Assim sendo, este trabalho terá como escopo o desenvolvimento de um modelo de apoio à decisão para o planejamento de metas de produção e estoques e para a flexibilização da política de utilização da capacidade produtiva e mão-de-obra direta.

Este modelo apresentará aspectos importantes, que o diferenciarão das iniciativas anteriores e o tornarão mais apto à implementação efetiva nos processos atuais da empresa. São eles:

- Consideração da incerteza da demanda (erros de previsão) desde os níveis mais altos da hierarquia de planejamento através da **manutenção de estoques de segurança** já no modelo de planejamento agregado da produção. Esta consideração elimina a “necessidade” de revisão semanal das estimativas de vendas, uma vez que as flutuações da demanda já serão absorvidas pelos estoques de segurança. A eliminação das revisões semanais da programação de produção reduzirá drasticamente os descasamentos entre os processos descritos anteriormente, melhorando a gestão não só de produtos acabados, mas também de matérias-primas da empresa.
- **A flexibilização do uso da capacidade de produção.** Ao contrário do modelo já desenvolvido, este trabalho não considerará obrigatória a utilização completa de toda a capacidade de produção disponível, permitindo ociosidades. Isto evitará que sejam produzidos estoques excessivos em períodos de baixa demanda (produção empurrada), promovendo também uma redução do nível de estoques de produtos acabados.

- A consideração de custos de **contratação e demissão de mão-de-obra**, flexibilizando a política atual de aumento do quadro de funcionários sempre no período fixo entre os meses de setembro e fevereiro.
- **A análise de uma estratégia de produção híbrida**, permitindo a utilização de horas extras em todos os meses do ano, subcontratação de produção e permissão de não-atendimento da demanda. Com esta flexibilização, todas as alternativas disponíveis à empresa serão analisadas conjuntamente, evidenciando qual é a política mais rentável a ser seguida considerando todos os custos de produção envolvidos de maneira holística.
- **A elaboração de um modelo de desagregação do planejamento agregado**, tornando a interface deste processo com os subseqüentes mais direta e implementável.

Adicionalmente, este trabalho também analisa os impactos decorrentes da aplicação deste modelo em toda a hierarquia de planejamento, apontando as mudanças necessárias para viabilizar sua implementação.

1.7. Relevância do trabalho para a empresa

O impacto do alto nível dos estoques na Kibon é sentido principalmente através da análise de seus resultados financeiros, em especial, o *Supply Chain Cost* (SCC), principal indicador de performance da Diretoria e Gerências do *Supply Chain* pela matriz da Unilever, cuja composição é detalhada na figura a seguir.

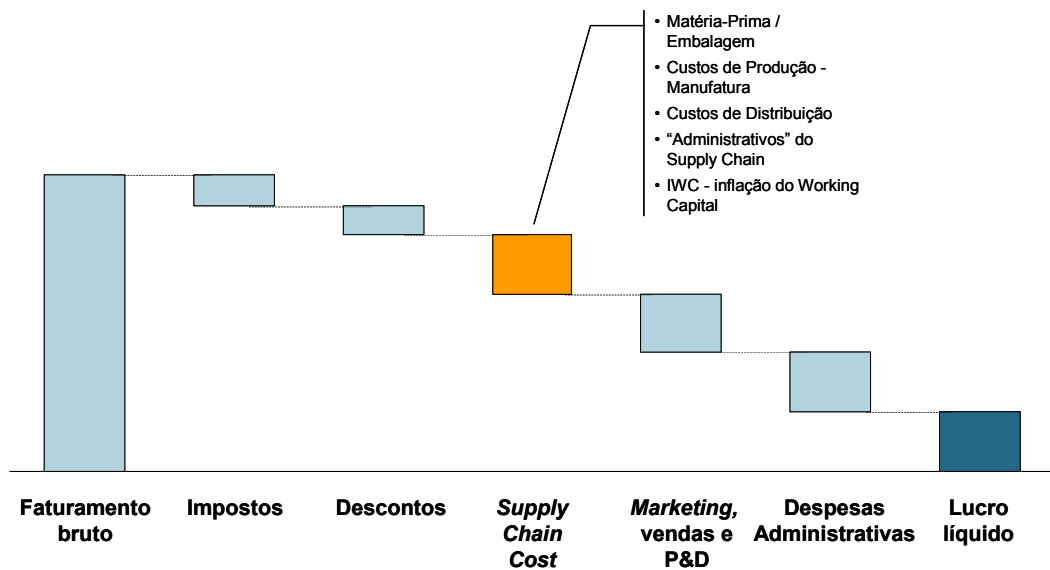


Figura 1.17: Composição do lucro líquido da Kibon – exemplo esquemático

No entanto, é importante perceber que, como o SCC é composto por todos os custos da cadeia logística de forma conjunta, somente a consideração dos mesmos de forma integrada maximizará a margem bruta da empresa.

A análise integrada dos principais custos componentes do SCC também será bastante útil para que todo o Planejamento Logístico tenha um foco único nos resultados da empresa, garantindo um balanceamento entre os interesses de cada nível da hierarquia de planejamento e demais áreas do *Supply Chain* da Kibon.

Portanto, espera-se que este trabalho contribua para a redução global dos custos de produção e estoque, melhorando de forma consistente os seus resultados e seu modelo de gestão da cadeia logística.

1.8. Estrutura do trabalho

No Capítulo 1, foi apresentada a empresa na qual este trabalho foi realizado, seus processos e problemas diagnosticados. Visando a auxiliar a solução destes problemas, o escopo e objetivos deste trabalho foram definidos.

No Capítulo 2, uma revisão bibliográfica dos tópicos mais relevantes para a solução dos problemas identificados foi realizada, servindo de embasamento teórico para o desenvolvimento das propostas apresentadas nos capítulos seguintes.

No Capítulo 3, os modelos matemáticos de apoio à decisão propostos são detalhadamente descritos.

No Capítulo 4, os modelos desenvolvidos são submetidos a testes de validação e uma análise crítica dos resultados é apresentada. Adicionalmente, discute-se a forma de implementação dos modelos, ressaltando modificações importantes a serem realizadas nos processos atuais de planejamento da empresa.

Por fim, o Capítulo 5 traz a conclusão do trabalho, apresentando uma síntese do que foi desenvolvido, os principais resultados alcançados e próximos passos a serem seguidos pela empresa a partir dos resultados obtidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, os principais conceitos teóricos utilizados na solução dos problemas identificados são apresentados e discutidos.

Esta revisão bibliográfica teve especial ênfase no conceito de Hierarquia de Planejamento como abordagem para a realização do planejamento da produção, uma vez que foi considerado o mais adaptado às necessidades da empresa estudada.

2.1. Hierarquia de planejamento de produção

O planejamento de uma empresa é caracterizado por vários níveis, desde o planejamento estratégico até o nível de programação das atividades básicas de decisão. Porém, para todos estes níveis existem relações em que decisões de um nível acima interferem diretamente no nível imediatamente inferior, tornando-se restrições.

Uma abordagem clássica para lidar com este processo de tomada de decisão em diferentes níveis é a Hierarquia de Planejamento de Produção. Uma análise matemática rigorosa desta abordagem pode ser encontrada na literatura no pioneiro trabalho de HAX; MEAL (1975) e aprofundada por HAX; CANDEA (1984), entre outros diversos autores.

Segundo esta abordagem, as decisões de planejamento estratégico vão se desdobrando em detalhes cada vez maiores e com horizontes de execução das atividades cada vez menores, como mostra a figura a seguir.

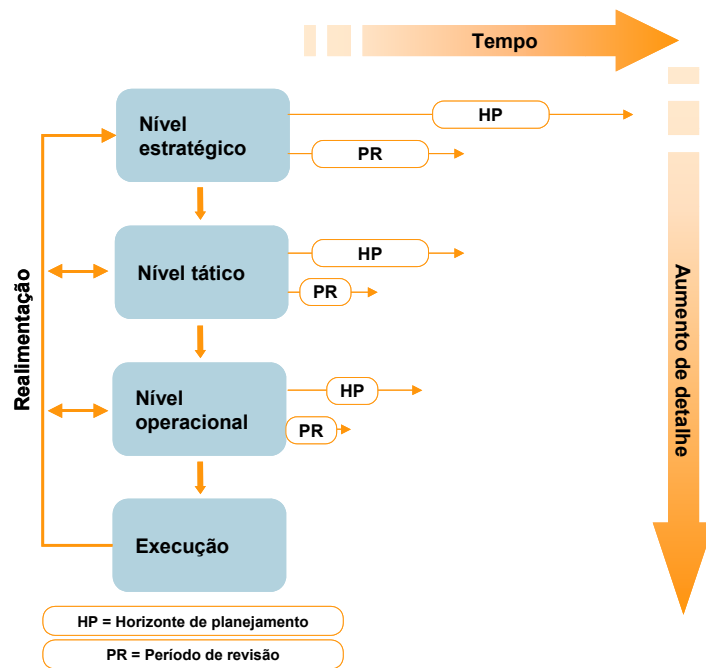


Figura 2.1: Níveis da hierarquia de planejamento (baseado em SANTORO (2003))

As principais decisões de cada nível encontram-se na tabela a seguir:

Tabela 2.1: Decisões estratégicas, táticas e operacionais

Nível das decisões	Horizontes de planejamento	Principais decisões
Estratégico (Longo prazo)	Anos	Decisões financeiras Estratégias de marketing Projetos de produtos Processos tecnológicos Decisões de capacidade Localização de plantas Contratos com fornecedores Decisões de mão-de-obra Políticas de controle das plantas Políticas de controle de qualidade
Tático (Médio prazo)	Meses	Níveis de utilização da capacidade Metas de produção e estoque Sequenciamento de produção Manutenções preventivas Promoções de vendas Decisões de compras
Operacional (Curto prazo)	Semanas	Controle do fluxo de materiais Realização de setups de máquinas Controle de processos Controle de qualidade Manutenções corretivas

Segundo HOPP; SPEARMAN (2000), além do tempo, há outras dimensões que também podem ter diferentes níveis de agregação/desagregação durante o planejamento de produção, entre elas:

- **Produtos:** em ambientes nos quais são produzidos diferentes tipos de produtos, o planejamento de produção pode agregá-los em famílias de acordo com sua similaridade em relação a fatores como custos de produção, processo produtivo e perfil de demanda.
- **Processos:** esta dimensão aplica-se melhor em fábricas fisicamente dividida por processos de fabricação, fazendo sentido realizar o planejamento agregando atividades as atividades por tipo de processo produtivo.
- **Pessoas:** em fábricas cujos processos requerem pessoas com habilidades ou capacitações distintas e específicas, pode-se também agregar o planejamento de acordo com esta dimensão.

Na figura a seguir, temos um modelo de hierarquia de planejamento de produção adaptado de ARNOLD (1998) e HOPP; SPEARMAN (2000):

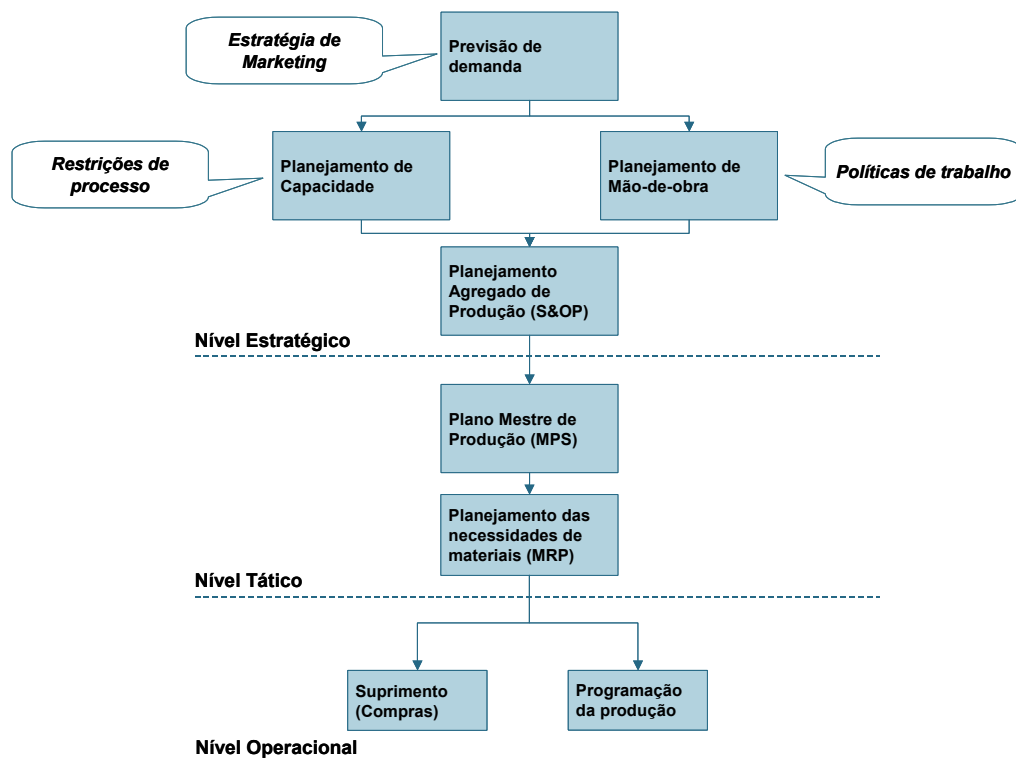


Figura 2.2: Hierarquia de planejamento de produção

Como se pode perceber, a hierarquia de planejamento de produção acima é dividida em três níveis básicos, correspondentes aos planejamentos de longo prazo (estratégico), médio prazo (tático) e curto prazo (operacional). Obviamente, em uma perspectiva corporativa, há outras etapas não apresentadas na Figura 2.2, como o desenvolvimento de produtos e o planejamento estratégico. Certamente, estas são decisões muito importantes para a empresa e sua interação com os processos de produção são relevantes. No entanto, nesta revisão bibliográfica será dado maior foco às operações e será assumido que este tipo de decisão estratégica já foi tomada.

Segundo HOPP; SPEARMAN (2000), a função básica do nível estratégico de planejamento é estabelecer um ambiente de produção capaz de atingir os objetivos globais da empresa.

A **previsão de demanda** utiliza informações de marketing para gerar uma previsão de demanda futura, possivelmente utilizando um modelo quantitativo.

O **planejamento de capacidade** usa esta previsão de demanda e as restrições de processo existentes para determinar as necessidades de capacidade de máquina para atendimento desta demanda.

Analogamente, o **planejamento de mão-de-obra** utiliza a previsão de demanda para determinar o plano de contratações, demissões e utilização de horas extras de acordo com as políticas de trabalho da empresa.

O **planejamento agregado**, por sua vez, determina o *mix* e as metas de produção e estoque de acordo com as decisões já tomadas nas etapas anteriores. Com isto, ele realiza a integração entre os níveis estratégico e tático.

No nível tático, o **MPS (*Master Production Schedule*)** baseia-se nos volumes definidos pelo planejamento agregado para definir em um nível desagregado os volumes de produção e estoque. As saídas do MPS, por sua vez, alimentam o **planejamento das necessidades de materiais (MRP)**, que define os suprimentos necessários para viabilizar a execução do plano de produção determinado. Portanto,

falhas durante o MPS prejudica o desempenho do MRP e, conseqüentemente, a administração de materiais e a programação de produção.

O MPS e o MRP alimentam, respectivamente, a programação de produção e o suprimento de materiais. A **programação de produção** define a seqüência de produção dos produtos de acordo com as restrições existentes nas linhas de produção da fábrica. Finalmente, o **suprimento de materiais** realiza a compra de matérias-primas para viabilizar a execução da programação de produção.

A seguir, são apresentados os aspectos mais relevantes para este trabalho em cada uma das principais etapas da hierarquia de planejamento de produção.

2.1.1. Previsão de demanda

Embora reconheça-se a importância deste processo no PCP, o desenvolvimento de modelos de previsão de demanda não é o foco deste trabalho. Por isto, este tópico limitou-se a discutir apenas abordagens para medição dos erros de previsão de demanda e utilização dos mesmos para cálculos de estoques de segurança para suavização dos efeitos da variabilidade inerente a qualquer método de previsão.

Uma vez que o futuro não é espelhado perfeitamente pelo passado, a previsão de demanda sempre incorre em erros. O erro da previsão refere-se a quão próximo a previsão chega ao nível real da demanda real e pode ser definido como:

$$\text{ERRO DE PREVISÃO} = \text{DEMANDA REAL} - \text{DEMANDA PREVISTA}$$

Estatisticamente, é mais apropriado expressá-lo como um desvio padrão, uma variância ou o desvio absoluto médio (DAM). Outras medidas dos erros de previsão são o desvio relativo médio e o desvio quadrático médio.

Historicamente, o DAM foi bastante utilizado como medida do erro de previsão. Contudo, com o avanço da informática, atualmente dispõe-se de computadores com memória mais do que suficiente para que se calculem os erros de previsão e tem-se adotado como medida do erro de previsão o desvio padrão do mesmo.

Segundo BALLOU (2001), uma vez que a demanda prevista é um valor médio aritmético, a soma dos erros de previsão em um determinado período de tempo deveria ser igual a zero. Para se apurar a magnitude desses erros, deve-se elevar os mesmos ao quadrado, eliminando o viés da previsão. O desvio padrão, que é a melhor ferramenta estatística para medir desvios ou dispersões, dos erros é dado por:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (A_t - F_t)^2}{N - 1}} \quad (1)$$

Onde:

- S_F = Erro padrão da previsão
- A_t = Demanda real do período t
- F_t = Previsão para o período t
- N = Número de períodos de previsão t

Segundo BALLOU (2001), supondo que o modelo de previsão está seguindo a média de níveis reais de demanda e que a variação da demanda real sobre a previsão é pequena com relação ao nível da previsão, a distribuição de frequência normal é a forma mais provável a ser encontrada na prática. Este será especialmente o caso da média dos erros de previsão. O teorema do limite central aplica-se, e a distribuição normal é a forma de distribuição apropriada. Segundo COSTA NETO (2002), o teorema do limite central afirma, em essência, que, sob condições bastante gerais, uma variável aleatória, resultante de uma soma de n variáveis aleatórias independentes, no limite, quando n tende ao infinito, tem distribuição normal.

Considerando esta distribuição normal, os erros padrão podem utilizados para o cálculo de estoques de segurança para níveis de serviço distintos, cuja fórmula pode ser também encontrada em BALLOU (2001).

$$ES_{NS} = A_t \cdot Z_{NS} \cdot S_F \quad (2)$$

Onde:

- ES_{NS} = Estoque de segurança necessário para obtenção do nível de serviço NS
 A_t = Demanda real do período t
 z = Número de erros padrões necessários para a obtenção de NS
 S_F = Erro padrão da previsão (percentual)

2.1.2. Estratégias de produção em ambientes com sazonalidade

Em ambientes com demanda sazonal, há decisões específicas de planejamento de produção que devem ser tomadas no nível estratégico da hierarquia de planejamento, já que este tipo de demanda permite diferentes cenários de utilização de capacidade de produção com custos logísticos distintos.

Segundo SANTORO (2003), há cinco estratégias distintas para o planejamento da produção de acordo com o perfil da demanda e custos logísticos associados. Para exemplificar estas estratégias, será utilizada a curva de demanda genérica apresentada a seguir.

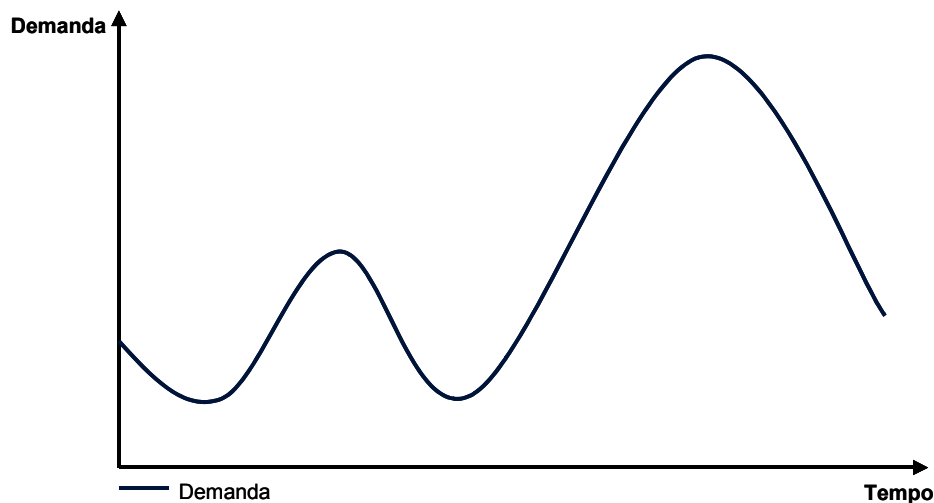


Figura 2.3: Curva de demanda genérica

Produção constante (Estratégia *Level*)

A vantagem imediata de um plano de produção constante, que atenda o volume necessário no término do horizonte de planejamento, é de não haver oscilação de

mão-de-obra. Assim as variações de demanda são contrabalançadas com um nível de estoque alto. Desta forma, o principal custo associado é o de estoque.

Produção de acordo com as necessidades (Estratégia *Chase*)

Para adotar este tipo de produção, é necessário um sistema de manufatura flexível e com baixa dependência da mão-de-obra. Caso a empresa que adote este tipo de produção não possua estas características, será necessária uma alta rotatividade, pois devem ocorrer admissões e demissões na força de trabalho baseados nas oscilações de demanda. Com isto os níveis de estoque serão mais baixos e os principais custos associados serão os de demissão, admissão e treinamento de mão-de-obra. É importante também ressaltar que esta estratégia de produção apresenta também fortes impactos sociais e motivacionais diretamente relacionados à alta rotatividade.

O gráfico a seguir apresenta como seriam os planos 1 e 2 de acordo com a demanda apresentada:

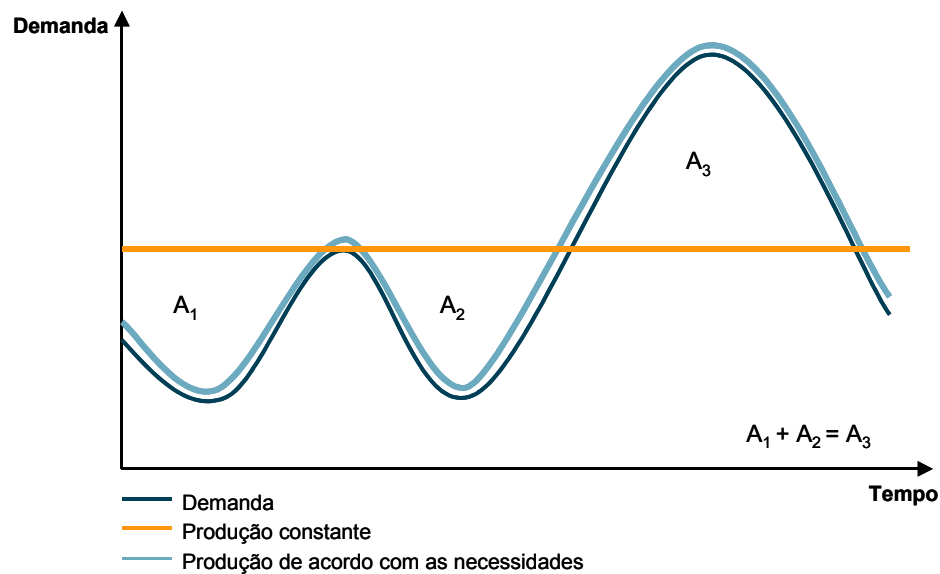


Figura 2.4: Plano 1 (*Level*) x Plano 2 (*Chase*)

Estratégia híbrida – Uso de mão-de-obra em horas extras

O plano 3 procura utilizar a mesma força de trabalho com horas extras para atender seus picos de demanda. O custo associado neste caso é o custo de horas extras. O gráfico abaixo apresenta o plano 3.

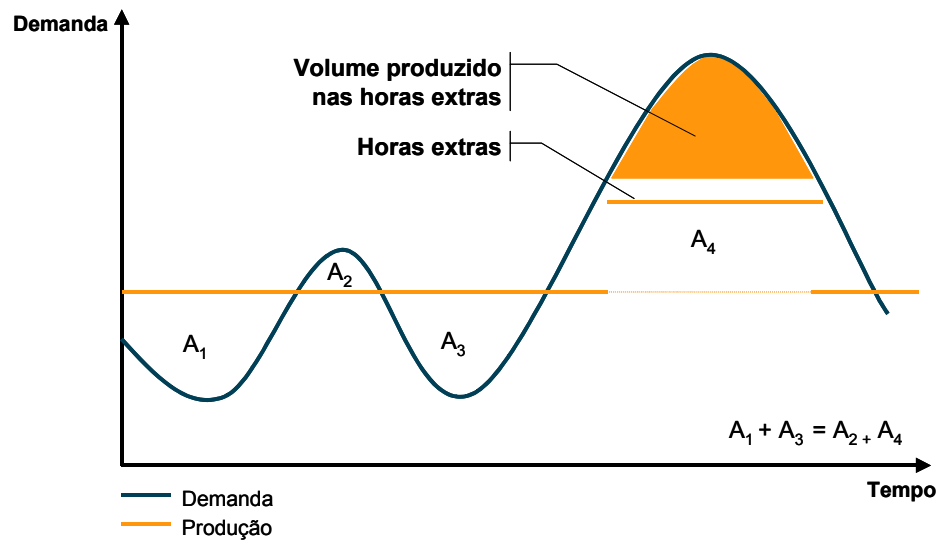


Figura 2.5: Plano 3 (Uso de mão-de-obra em horas extras)

Estratégia híbrida – Uso de subcontratação

É possível entender este plano como sendo também uma produção constante, porém com um estoque menor, pois está em um nível abaixo do Plano 1 apresentado anteriormente. Com isto, nos picos de demanda, utiliza-se de subcontratações para atender às necessidades geradas pela demanda. Neste caso o custo associado gerado é o de subcontratação. O gráfico a seguir apresenta este plano.

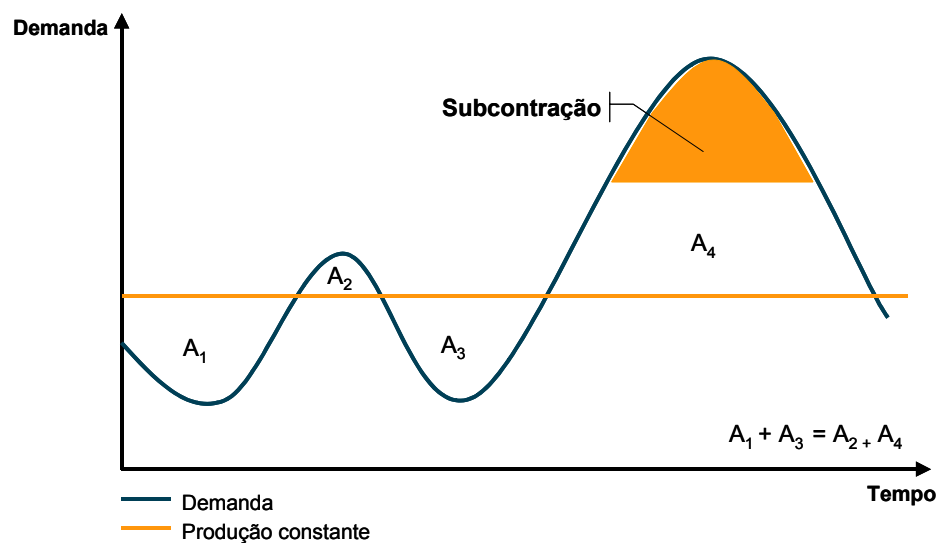


Figura 2.6: Plano 4 (Uso de subcontratação)

Estratégia *level* com permissão de faltas do produto

O plano 5 tem um nível de produção como os planos 3 e 4 apresentados anteriormente. No entanto permite a ocorrência de faltas. Assim o principal custo associado a este plano não é o de subcontratação ou o de hora extra, mas sim o custo de falta (não atendimento). O gráfico abaixo apresenta este plano 5.

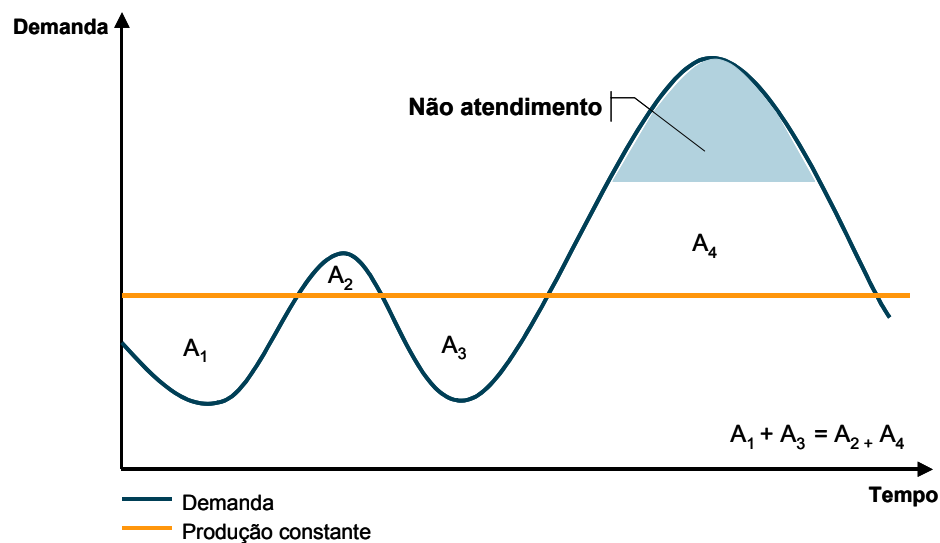


Figura 2.7: Plano 5 (Permissão de faltas)

2.1.3. Planejamento Agregado de Produção

Ao considerar um sistema da manufatura, além do gerenciamento de materiais, é de suma importância uma real preocupação com os recursos de produção: a força de trabalho humana e disponibilidade de equipamentos. Desta forma, um sistema de produção que considera todos estes fatores como base para decisão, envolve o Planejamento Agregado de Produção.

O planejamento agregado e suas decisões refletidas no Plano de Produção e Vendas proporcionam pontos comuns, nos quais a capacidade e os estoques podem ser considerados em conjunto com planos estratégicos de longo prazo, além de prover dados para o plano financeiro e decisões de programação. O Planejamento agregado é, portanto, o desdobramento dos planos estratégicos em metas de produção e estoque.

O modelo de Planejamento Agregado de Produção pode ser entendido como um sistema de auxílio na tomada de decisões de como utilizar recursos produtivos em um horizonte de médio prazo. Esta decisão define o Plano de Produção que especifica de que forma deve se dar essa utilização no tempo diante de uma previsão de demanda.

O problema de planejamento agregado pode ser resolvido com o auxílio de modelos de otimização de programação linear.

A utilização dos dados de forma agregada deve-se ao grande número de variáveis, parâmetros e informações a serem consideradas, que impossibilitam a visão do detalhe desejado nas tomadas de decisão. Além disso, a agregação melhora a previsão de demanda e facilita o levantamento de dados.

Em um Planejamento Agregado de Produção, existem algumas variáveis de decisão que devem ser levadas em consideração, como por exemplo:

Tabela 2.2: Variáveis de decisão típicas do modelo de planejamento agregado e custos associados

Variáveis de decisão	Custos associados
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenagem (espaço físico e manuseio) • Capital (pela imobilização em estoques)
Atraso	<ul style="list-style-type: none"> • Mal atendimento
Não atendimento	<ul style="list-style-type: none"> • Vendas perdidas
Admissão	<ul style="list-style-type: none"> • Recrutamento • Seleção • Admissão • Treinamento • Turnos adicionais
Demissão	<ul style="list-style-type: none"> • Encargos • Imagem ao mercado
Horas extras	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de mão-de-obra direta e indireta
Sub-contratação	<ul style="list-style-type: none"> • Custo adicional da produção sub-contratada • Controle da sub-contratação
Ociosidade	<ul style="list-style-type: none"> • Sub-ocupação da mão-de-obra

A elaboração de um modelo de Planejamento Agregado de Produção permite obter uma solução otimizada quanto a todas as variáveis de decisão que possuam custos associados, ao invés de apenas se preocupar com a variável dominante em uma estrutura de custos.

Esta solução otimizada é obtida através de modelos matemáticos que fornecem diretamente o melhor plano de produção. Para isto é necessário conhecer os parâmetros do modelo, as variáveis de decisão e estabelecer também um horizonte de planejamento.

Este horizonte de planejamento deve ser estabelecido de acordo com os *lead times* de produção de compra de materiais, a sazonalidade da demanda, de período fiscal ou de controle administrativo, e da confiabilidade das estimativas de demanda.

Modelos de Planejamento Agregado

É possível entender como “modelo” a abstração matemática simplificada do comportamento de um sistema real. Segundo BUFFA; MILLER (1979), a criação de modelos de decisão para planejamento agregado envolve uma cuidadosa harmonia entre o mundo real, o modelo e a técnica da solução.

Segundo MORTON (1999) existem três principais características em um modelo de planejamento agregado:

- O horizonte de planejamento é de médio/longo prazo;
- As decisões são feitas baseadas em agregação de produtos e recursos;
- A sazonalidade da produção/demanda é um importante fator a ser considerado.

Com isso, para a escolha do modelo a ser adotado, é preciso levar em consideração se o modelo será:

- Linear ou não linear

- Estático ou dinâmico
- Com valores contínuos ou discretos
- Determinísticos ou estocásticos

A seguir são apresentados alguns métodos de planejamento agregado:

- **Modelos de Programação Linear:** Estes modelos são os mais utilizados nos problemas de planejamento agregado, permitindo a inclusão de várias restrições (lineares), e o uso de grande quantidade de variáveis de decisão.
- **Métodos Heurísticos:** Este tipo de método é utilizado quando os sistemas produtivos não podem ser resolvidos através de algoritmos otimizantes eficientes. Para estes casos, as regras de decisão não garantem matematicamente uma solução ótima. Porém, dependendo da forma que forem modelados, garantem soluções muito adequadas para o problema.

Para a realização deste trabalho, foi utilizado como base o modelo de programação linear sugerido por HOPP; SPEARMAN (2000), embora, obviamente, uma série de modificações tenham sido realizadas para melhor aderência do modelo às particularidades dos processos da empresa estudada.

2.1.4. Plano Mestre de Produção (*Master Production Scheduling* – MPS)

O MPS nada mais é do que a desagregação das metas de produção e estoques de cada famílias previstas pelo Planejamento Agregado, definindo os volumes de cada produto final.

HAX; CANDEA (1984) propõe a um modelo matemático de apoio à desagregação das famílias através da decomposição dos volumes agregados baseada na participação histórica de cada item no volume total de vendas da família.

No entanto, HAX; CANDEA (1984) também destacam que o horizonte rolante do processo de planejamento agregado combinado com a desagregação simples pode ser

inviável em alguns casos, já que o planejamento agregado ignora o fato de que os estoques de um item não podem suprir a demanda de um segundo.

Por isto, o modelo proposto exige que sejam utilizados como parâmetros dos modelos de planejamento agregado e desagregação (Plano Mestre de Produção) a demanda líquida, ou seja, se os estoques iniciais são diferentes de zero, os mesmos devem ser subtraídos da demanda dos períodos seguintes. Este procedimento evita que sejam geradas soluções inviáveis.

Assim, o procedimento para desagregação sugerido por HAX; CANDEA (1984) é o seguinte:

1. Geração da previsão de demanda agregada de cada família;
2. Desagregação da demanda prevista através da participação histórica de cada produto dentro de cada família;
3. Cálculo da demanda líquida de cada produto³;
4. Desagregação dos volumes de produção de acordo com a proporção de cada produto na demanda líquida calculada.

2.1.5. Programação da Produção (*Scheduling*)

Idealmente, todos os gerentes de produção buscam a entrega no tempo certo, estoques em processo mínimos, *lead times* curtos e máxima utilização de recursos. Infelizmente, estes objetivos são conflitantes. Por isto, o objetivo da programação de produção é atingir a combinação mais rentável possível entre todos os objetivos da produção.

Embora os modelos clássicos de programação de produção representem de maneira eficiente ambientes MTO (*Make-To-Order*), nos quais há apenas a necessidade de seqüenciamento de pedidos realizados por clientes, tais modelos apresentam restrições à aplicação em outros sistemas de produção. Em ambientes MTS (*Make-*

³ A soma das demandas líquidas calculadas deve ser aplicada também no modelo de planejamento agregado para evitar a inviabilidade da solução proposta pelos dois modelos em conjunto.

To-Stock), como é o caso da empresa estudada, apenas o seqüenciamento não é suficiente, sendo também necessário determinar a formação de lotes de produção, que não são considerados pelos modelos clássicos de *scheduling*.

Segundo HOPP; SPEARMAN (2000), estes modelos assumem uma série de premissas para reduzir o tamanho do problema a dimensões gerenciáveis. Ainda assim, muitas vezes os problemas de *scheduling* continuam muito pesados, pois são problemas de otimização combinatórios.

Felizmente, as conseqüências práticas desta deficiência não são tão severas. Em alguns casos, a natureza não-polinomial do problema pode até mesmo ser útil, já que terá muitas candidatas a uma boa solução (ótimos locais). Além disso, algoritmos de aproximação, as heurísticas, possuem desempenho polinomial e podem ser aplicados para encontrar uma destas soluções, facilitando a implementação destes modelos.

No entanto, por se tratarem de problemas bastante complexos e ainda de difícil implementação na empresa estudada, optou-se por não incluir o desenvolvimento deste tipo de modelo no escopo deste trabalho, optando-se pela manutenção do processo atual de seqüenciamento da produção.

2.2. Material Requirements Planning (MRP)

O MRP é um sistema utilizado para estabelecer uma programação de compras e produção (priorização) mostrando os componentes necessários em cada etapa da montagem dos produtos finais e calculando o momento em que estes componentes serão necessários de acordo com seus respectivos *lead times*.

O sistema MRP gerencia os itens de demanda dependente do PCP. Assim, seu objetivo principal é a obtenção dos materiais necessários para atendimento do MPS (demanda independente), nas quantidades corretas e exatamente a tempo de atender a sua demanda, de acordo com seus respectivos *lead times*. O tratamento dos estoques de insumos como uma demanda dependente é importante para evitar altos níveis de estoques de matérias-primas, uma vez que os estoques de segurança necessários são reduzidos. Isto ocorre porque estes estoques de segurança precisam considerar

somente a incerteza do processo de compra, uma vez que a variabilidade da demanda já é considerada nos estoques de segurança de produtos acabados.

2.3. Análise crítica do conceito de planejamento agregado

Segundo HAX; CANDEA (1984), as vantagens da adoção de uma abordagem agregada, como sugere o conceito de HPP, quando comparada a uma abordagem mais detalhada em todas as tomadas de decisão durante o planejamento de produção podem ser divididas em três categorias distintas.

A primeira categoria considera os custos de levantamento de dados e o tempo de processamento dos modelos de apoio à decisão. A agregação de itens pode reduzir significativamente os custos e esforços na previsão de demanda e compilação de dados, além de reduzir o tempo de processamento, dando mais agilidade aos processos.

A segunda categoria considera a acuracidade dos dados. A menos que todos os itens sejam perfeitamente correlacionados, uma previsão de demanda agregada deve reduzir a variância de seus erros, já que um número menor de variáveis permite a adoção de modelos mais robustos de previsão e há mais tempo para a realização de análises gerenciais dos resultados. Como as decisões de uso da capacidade e alocação de mão-de-obra geralmente dependem do volume total de produção, a melhoria da precisão da previsão dos volumes agregados melhora o processo de tomada de decisão.

Finalmente, a agregação tende a fornecer informações mais adequadas para a realização de análises gerenciais, evitando que os gestores dos processos de planejamento de produção se percam em detalhes menos relevantes. Além disso, é importante lembrar que todas as decisões de nível gerencial são tomadas por famílias de produtos ou linhas de produção, sendo, portanto, fundamental uma análise agregada.

No entanto, segundo WINTER (1994), é importante destacar que a maior deficiência dos modelos de apoio à decisão aplicados à HPP é a sua rigidez em relação a eventos inesperados ou particulares de um determinado horizonte de planejamento. Com a

crescente exigência de agilidade dos ambientes competitivos atuais, estes eventos são cada vez mais freqüentes e, por isto, exigem que haja uma maior interação dos planejadores de produção com os resultados dos modelos matemáticos. Inclusive, algumas pesquisas como a de ÖZDAMAR et al (1998) demonstram que apenas o uso de modelos matemático não produz resultados satisfatórios sem a interação humana no processo decisório. Isto se deve ao fato de que o planejador tem o melhor entendimento global do problema e pode lidar melhor com os efeitos de eventos inesperados, em especial com seus impactos intangíveis.

Portanto, nenhum modelo de apoio à decisão será eficaz sem que haja um processo estruturado de decisão no qual ele esteja inserido. Segundo MESQUITA; SANTORO (2004), é importante resgatar a abordagem sistêmica dos processos, presente no modelo de planejamento hierárquico proposto por HAX; CANDEA (1984). Deve-se buscar uma estrutura de planejamento que permita integrar os vários processos e modelos de apoio à decisão. Se possível, os objetivos representados nestes modelos devem refletir não apenas a eficiência operacional, como também objetivos ligados à administração financeira e às estratégias de competição no mercado na qual a empresa está inserida.

3. MODELO PROPOSTO

Este capítulo descreve os dois modelos desenvolvidos para a solução do problema de planejamento e programação da produção da Kibon formulado no capítulo 1 deste trabalho.

Propõe-se que a hierarquia de planejamento da produção da Kibon seja revista e adaptada segundo padrões observados na literatura para ambientes de demanda fortemente sazonal como a Kibon. Mais especificamente, sugere-se que sejam implementados dois modelos integrados de apoio à decisão. O primeiro deles visa auxiliar o planejamento tático de produção, tendo como variáveis de decisão as metas de produção e estoques mensais e utilização de capacidade e mão-de-obra, visando máximos resultados (lucros). Trata-se de um modelo de otimização baseado em programação linear. O segundo, um modelo de apoio ao programa mestre de produção, que consiste no detalhamento do plano agregado no curto prazo.

Como em todo projeto de modelagem matemática clássica, este trabalho utilizará a seguinte metodologia de desenvolvimento:

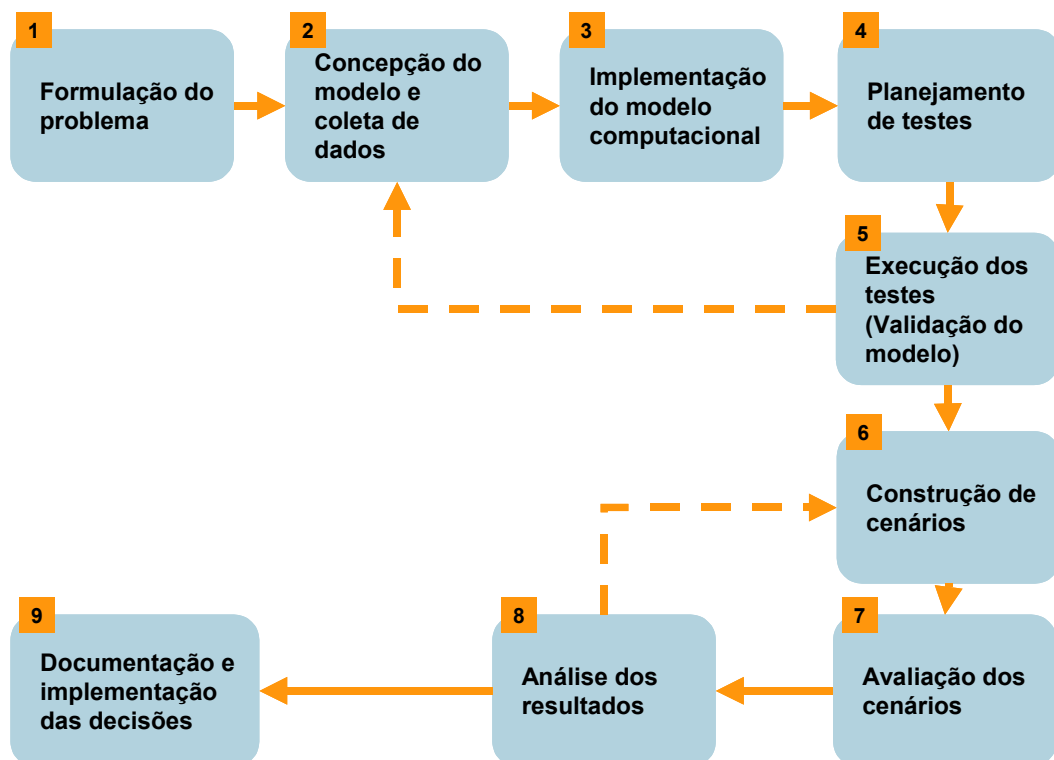


Figura 3.1: Etapas de desenvolvimento do modelo de apoio à decisão

3.1. Modelo de Planejamento Agregado (M1)

O planejamento agregado consiste no planejamento de produção de médio prazo. Propõe-se que este modelo seja aplicado na empresa estudada para um horizonte de planejamento de 12 meses (ciclo completo de sazonalidade) e seja revisado mensalmente devido à incerteza da demanda (ajustes dos planos).

Embora atualmente não seja utilizado pela empresa estudada nenhum modelo matemático de apoio à decisão para a realização do S&OP (*Sales and Operations Planning*), este tipo modelo de planejamento pode ser muito útil em ambientes com demanda fortemente sazonal, permitindo comparar diferentes estratégias de produção (*Chase X Level*).

Assim sendo, um modelo de planejamento agregado auxilia a priorização da produção, o dimensionamento da capacidade produtiva a ser utilizada em cada período em termos de utilização de horas extras e mão-de-obra e a determinação dos volumes de produção e pré-estocagem de cada família de produtos em cada período, de forma que se obtenha o máximo lucro bruto possível com os recursos disponíveis no horizonte de planejamento adotado.

O modelo proposto considera simultaneamente todos os objetivos deste trabalho, descritos no capítulo 1: a manutenção de estoques de segurança, a flexibilização das políticas de uso da capacidade produtiva, a flexibilização da contratação e demissão de mão-de-obra e a análise de uma estratégia de produção híbrida, permitindo a utilização de horas extras em todos os meses do ano, subcontratação de produção e permissão de não-atendimento da demanda.

Para a construção do modelo de apoio à decisão, foram adotadas as seguintes premissas:

- A previsão da demanda, a determinação do nível de serviço desejado e os estoques de segurança a serem mantidos serão calculados antes da utilização de M1 e, portanto, serão considerados parâmetros do mesmo (dados de entrada).

- Não serão consideradas variações de receitas unitárias e custos durante o horizonte de planejamento. Cada rodada do M1 será realizada com valores correspondentes ao período corrente.
- Os custos de subcontratação da produção já incluirão os custos de produção do terceiro e os custos dos materiais adquiridos;
- Os custos de estoque serão aplicados sobre os estoques no final do período. Assim, os volumes produzidos e vendidos no mesmo período terão custos de estoque nulo.
- Cada período será correspondente a 1 mês e serão utilizados os turnos como sub-unidades de tempo para a parametrização do modelo para que o mesmo seja mais aderente à realidade da empresa, que sempre opera em turnos completos.

Tabela 3.1: Capacidade disponível para produção

Regime de produção	Dias da semana	Número de turnos disponíveis na semana	Número de turnos disponíveis no mês (4 semanas)
Normal	Segunda a Sexta	15	60
Extra	Sábado	3	12
Normal + Extra	Segunda a Sábado	18	72

- A capacidade normal disponível corresponderá à soma dos três turnos diários dos dias úteis (segunda a sexta) de cada mês, inclusive turnos noturnos, totalizando uma média de 63 turnos normais por mês. Esta premissa foi adotada para adaptação do modelo às condições de funcionamento da fábrica e políticas de trabalho da empresa. Primeiramente, não há diferenças significativas de custos entre os três turnos em dias úteis. Além disso, considerou-se que a interrupção da produção no período noturno a cada dia não é economicamente viável por restrições tecnológicas das linhas de produção de sorvetes, já que, após uma parada, um longo *setup* deve ser realizado, com atividades de limpeza, higienização e resfriamento das

máquinas, que é longo e dispendioso. Por isto, é mais lógico que se utilize a capacidade total (24 horas por dia) durante parte da semana (segunda a quinta, por exemplo) e só então interromper a produção para a ser reiniciada no começo da semana seguinte, fazendo com que apenas um *setup* deste tipo seja realizado.

- Como a fábrica já opera em 24h por dia durante os dias úteis (turnos normais), a capacidade extra disponível será a soma dos três turnos diários de todos os sábados do mês (12 a 15 turnos mensais). Domingos e feriados não serão inclusos no modelo, já que, principalmente por questões motivacionais, não é convencional à empresa fazer com que seus funcionários trabalhem nestes dias. Usualmente, isto só ocorre em casos emergenciais e, por isto, serão utilizados apenas a critério do próprio planejador durante o seu processo de tomada de decisão.
- O tempo disponível de cada funcionário para produção (FTE⁴) será correspondente a um turno por dia útil (segunda a sexta) do mês.
- Cada linha só poderá funcionar com um número fixo de funcionários. Portanto, a contratação e demissão poderá implicar em, respectivamente, abertura ou fechamento de linhas de produção no período, mas não afetarão a produtividade das linhas (uma linha não passará a produzir um volume maior por turno por ter mais funcionários alocados nela).

Como se observará a seguir, o modelo proposto incorpora todas as variáveis de decisão relevantes do Planejamento Logístico da Kibon neste nível de sua hierarquia de planejamento:

- Volume de produção própria (em turnos normais ou extras) e subcontratada de cada família em cada mês do horizonte de planejamento estudado;
- Metas de estocagem de cada mês por família de produtos;

⁴ FTE = *Full Time Equivalent*

- Linhas que devem ser colocadas em funcionamento em cada mês em turnos normais e extras;
- Número de turnos normais a serem utilizados em cada linha de produção;
- Número de turnos extras a serem utilizados em cada linha de produção;
- Número de funcionários necessários em cada mês para o cumprimento do plano e contratações/demissões a serem realizadas em cada mês.

É importante destacar que não caberá a este modelo sugerir a alocação das capacidades dimensionadas, ou seja, embora o modelo sugira o número de turnos a serem utilizados, caberá ao planejador decidir em quais dias do mês estes turnos serão alocados.

A seguir, o modelo de programação linear desenvolvido é apresentado:

Índices

i	=	Famílias	$(i = 1, \dots, m)$
j	=	Linhas de produção	$(j = 1, \dots, n)$
t	=	Períodos (Meses)	$(t = 1, \dots, T)$

Parâmetros

r_i	=	Receita unitária da família i	[R\$/Liton ⁵]
d_{it}	=	Demanda da família i no mês t	[Litons]
es_{it}	=	Estoque de segurança da família i no mês t	[Litons]
m_i	=	Custo de materiais unitário da família i	[R\$/Liton]
s_i	=	Custo de subcontratação de produção da família i	[R\$/Liton]
e_i	=	Custo de estoque unitário da família i	[R\$/Liton]
w	=	Custo de mão-de-obra em turnos normais (mensal)	[R\$/Mês]
w'	=	Custo de mão-de-obra em turnos extras (por turno)	[R\$/Turno]
h	=	Custos de contratação de mão-de-obra	[R\$/FTE]
f	=	Custos de demissão de mão-de-obra	[R\$/FTE]

⁵ 1 Liton corresponde a 1.000 litros de sorvete (convenção de volume interna da empresa)

p_j	=	Outros custos variáveis de produção da linha j	[R\$/Turno]
c_{jt}	=	Capacidade de produção normal disponível da linha j no mês t	[Turnos]
cex_{jt}	=	Capacidade de produção extra disponível da linha j no mês t	[Turnos]
c'_{it}	=	Volume de produção disponível para subcontratação no mês t	[Turnos]
a_{ij}	=	Tempo necessário para produção de i na linha j (já considerada a eficiência da máquina)	[Turnos/Liton]
b_j	=	Mão-de-obra necessária para operação da linha j	[FTEs]

Variáveis de decisão

S_{it}	=	Vendas da família i no mês t	[Litons]
X_{ijt}	=	Produção normal da família i na linha j no mês t	[Litons]
X_{it}	=	Produção normal total da família i no mês t	[Litons]
Y_{ijt}	=	Produção extra da família i na linha j no mês t	[Litons]
Y_{it}	=	Produção extra total da família i no mês t	[Litons]
X'_{it}	=	Subcontratação de produção da família i no mês t	[Litons]
I_{it}	=	Estoque da família i no final do mês t	[Litons]
N_{jt}	=	Turnos normais de produção na linha j em t	[Turnos]
O_{jt}	=	Turnos extras de produção na linha j em t	[Turnos]
W_t	=	Mão-de-obra no mês t	[FTEs]
H_t	=	Mão-de-obra contratada no início do mês t	[FTEs]
F_t	=	Mão-de-obra demitida no início do mês t	[FTEs]
A_{jt}	=	Abertura normal do centro produtivo j no mês t	[0 ou 1]
A'_{jt}	=	Abertura extra do centro produtivo j no mês t	[0 ou 1]

Função objetivo

Maximizar:

$$\begin{aligned}
GM = & \left[\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T r_i \cdot S_{it} \right] - \left[\sum_{i=1}^m \left(m_i \cdot \sum_{t=1}^T (X_{it} + Y_{it}) \right) \right] - \left[\sum_{i=1}^m \left(s_i \cdot \sum_{t=1}^T X'_{it} \right) \right] - \\
& - \left[\sum_{i=1}^m \left(e_i \cdot \sum_{t=1}^T I_{it} \right) \right] - \left[\sum_{t=1}^T w \cdot W_t \right] - \left[\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T w' \cdot b_j \cdot O_{jt} \right] - \\
& - \left[\sum_{t=1}^T h \cdot H_t + f \cdot F_t \right] - \left[\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T (N_{jt} + O_{jt}) \cdot p_j \right]
\end{aligned} \tag{3}$$

Onde:

$$GM = \text{Gross Margin (Margem Bruta)} \quad [R\$]$$

Restrições

$$S_{it} \leq d_{it} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \tag{4}$$

$$X_{it} = \sum_{j=1}^n X_{ijt} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \tag{5}$$

$$Y_{it} = \sum_{j=1}^n Y_{ijt} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \tag{6}$$

$$I_{it} = I_{it-1} + X_{it} + Y_{it} + X'_{it} - S_{it} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \tag{7}$$

$$I_{it} \geq es_{it} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \tag{8}$$

$$N_{jt} = \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot X_{ijt} \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T) \quad (9)$$

$$O_{jt} = \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot Y_{ijt} \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T) \quad (10)$$

$$N_{jt} \leq c_{jt} \cdot A_{jt} \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T) \quad (11)$$

$$O_{jt} \leq cex_{jt} \cdot A'_{jt} \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T) \quad (12)$$

$$X'_{it} \leq c'_{it} \quad (i = 1, \dots, m); (t = 1, \dots, T) \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n A_{jt} \cdot 3 \cdot b_j \leq W_t \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T) \quad (14)$$

$$W_t = W_{t-1} + H_t - F_t \quad (t = 1, \dots, T) \quad (15)$$

$$A_{jt}, A'_{jt} \text{ binários} \quad (j = 1, \dots, n); (t = 1, \dots, T)$$

$$W_t, H_t, F_t \text{ inteiros e não negativos} \quad (t = 1, \dots, T)$$

$$S_{it}, ES_{it}, X_{it}, X_{ijt}, Y_{it}, Y_{ijt}, X'_{it}, I_{it}, \quad (i = 1, \dots, m); (j = 1, \dots, n);$$

$$N_{jt}, O_{jt}, \text{ não negativos} \quad (t = 1, \dots, T)$$

A função objetivo (eq. 3) representa o lucro bruto total obtido com a venda das famílias de produtos consideradas no horizonte de planejamento T. Conforme a figura abaixo mostra, o cálculo do lucro bruto é composto pelas receitas subtraídas dos custos de materiais, subcontratação de produção, estoques, mão-de-obra normal e extra, contratação e demissão de mão-de-obra e outros custos variáveis de produção.

$$\begin{aligned}
 GM = & \left[\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T r_i \cdot S_{it} \right] - \left[\sum_{i=1}^m \left(m_i \cdot \sum_{t=1}^T (X_{it} + Y_{it}) \right) \right] - \left[\sum_{i=1}^m \left(s_i \cdot \sum_{t=1}^T X'_{it} \right) \right] - \\
 & - \left[\sum_{i=1}^m \left(e_i \cdot \sum_{t=1}^T I_{it} \right) \right] - \left[\sum_{t=1}^T w \cdot W_t \right] - \left[\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T w' \cdot b_j \cdot O_{jt} \right] - \\
 & \left[\sum_{t=1}^T h \cdot H_t + f \cdot F_t \right] - \left[\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T (N_{jt} + O_{jt}) \cdot p_j \right]
 \end{aligned}$$

The diagram illustrates the components of the objective function (GM) through callout boxes pointing to specific terms in the equation:

- Receitas**: Points to the first term, $\sum_{i=1}^m \sum_{t=1}^T r_i \cdot S_{it}$.
- Custos de materiais**: Points to the second term, $\sum_{i=1}^m \left(m_i \cdot \sum_{t=1}^T (X_{it} + Y_{it}) \right)$.
- Custos de subcontratação**: Points to the third term, $\sum_{i=1}^m \left(s_i \cdot \sum_{t=1}^T X'_{it} \right)$.
- Custos de estoque**: Points to the fourth term, $\sum_{i=1}^m \left(e_i \cdot \sum_{t=1}^T I_{it} \right)$.
- Custos de mão-de-obra normal (fixos)**: Points to the fifth term, $\sum_{t=1}^T w \cdot W_t$.
- Custos de mão-de-obra extra (variável)**: Points to the sixth term, $\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T w' \cdot b_j \cdot O_{jt}$.
- Custos de contratação e demissão**: Points to the seventh term, $\sum_{t=1}^T h \cdot H_t + f \cdot F_t$.
- Outros custos variáveis de produção**: Points to the eighth term, $\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T (N_{jt} + O_{jt}) \cdot p_j$.

Figura 3.2: Detalhamento dos componentes de receita e custo na função objetivo

A eq. 4 restringe as vendas de cada família à sua demanda.

As eq. 5 e 6 totalizam respectivamente a produção em turnos normais (X) e extras (Y) em cada mês, somando os volumes de produção de cada família em cada linha produtiva.

A eq. 7 calcula o volume de estoque de cada família esperado para o final de cada mês. Este estoque é igual ao estoque final do mês anterior mais a produção em turnos normais e extras e subcontratada menos as vendas definidas na eq. 4.

A eq. 8 garante que os estoques finais de cada mês não sejam inferiores aos estoques de segurança definidos para cada família por período.

As eq. 9 e 10 calculam, respectivamente, o número de turnos normais (“N”) e extras (“O”) necessários para a produção dos volumes definidos, considerando as necessidades de capacidade de cada linha para a produção de cada família.

As eq. 11 e 12 restringem a quantidade de turnos normais e extras às capacidades disponíveis. Estas capacidades serão “disponibilizadas” pelas variáveis binárias A e A' , ou seja, se iguais a 1, os lados direitos das equações serão iguais ao número máximo de turnos disponíveis para produção, se iguais a 0, as linhas correspondentes não estarão disponíveis no mês.

A eq. 13 restringe o volume de produção subcontratada à capacidade de terceiros disponível em cada mês (em Litons).

A eq. 14 garante que haja mão-de-obra suficiente para a abertura das linhas necessárias para a produção das metas definidas. O número de funcionários por linha (“b”) é multiplicado por 3 porque cada FTE trabalha apenas 1 turno por dia. Como a fábrica opera em 3 turnos diários, são necessárias 3 equipes por linha de produção a ser utilizada no mês.

Destaca-se que os custos de mão-de-obra em turnos normais acrescentam um custo fixo mensal na função objetivo (independente do número de turnos normais a serem utilizados no mês) e os custos de mão-de-obra em turnos extras agregam um custo variável adicional, proporcional ao número de turnos extras utilizados. Conseqüentemente, o modelo sempre prioriza a produção em turnos normais e, com isto, se há mão-de-obra suficiente para a produção em turnos normais, haverá para os turnos extras.

A eq. 15 determina o número total de FTEs no início do período, considerando as contratações e demissões a serem realizadas.

3.2. Master Production Scheduler – MPS (M2)

Para que a interface entre o modelo de planejamento agregado de produção e os processos subsequentes da hierarquia de planejamento fosse facilitada, um método de desagregação das metas de produção e estoques foi desenvolvido. Este processo será denominado neste trabalho “Programação Mestre da Produção” (MPS – *Master Production Scheduling*).

Neste trabalho, utiliza-se um procedimento simples para desagregação do plano de produção, encontrado em HAX; CANDEA (1984), em que se distribui o volume total da família entre os itens de tal forma que todos tenham a mesma cobertura, isto é, a quantidade de estoque de cada item deve ser suficiente para atender a demanda prevista por igual período, normalmente expresso em dias. As quantidades a serem produzidas de cada item dependem, portanto, do estoque inicial e da demanda futura.

Como o planejamento agregado já considerou todo o ciclo de planejamento, recomenda-se que o procedimento proposto seja aplicado apenas a um horizonte de três meses, facilitando o processo.

A figura a seguir detalha o procedimento proposto para a desagregação dos volumes de produção e estoque definidos pelo processo de planejamento agregado:

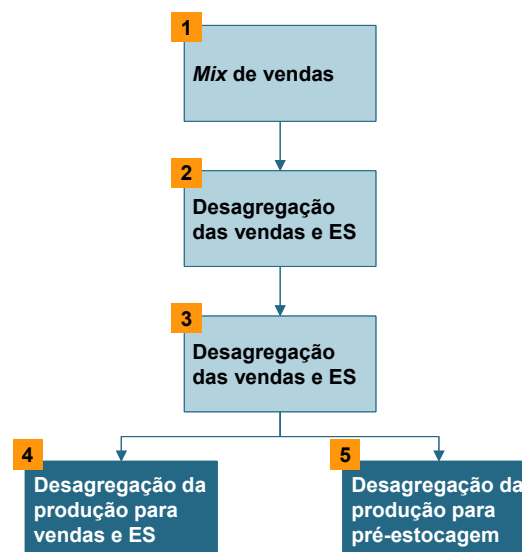


Figura 3.3: Procedimento do modelo de apoio ao MPS

1. Mix de vendas

Para a utilização do modelo proposto, assume-se que a participação de cada produto em sua respectiva família já foi definida durante o processo de previsão de demanda através de dados históricos (*baseline forecast*) e consideração promoções, mídia, ações de campo e lançamentos durante o horizonte de planejamento.

Com estes dados coletados, calcula-se a participação (%) esperada de cada produto no volume total de sua família para cada mês. Para melhor entendimento do método, um exemplo será desenvolvido. Os dados referentes a esta primeira etapa encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 3.2: Exemplo – Participação prevista dos produtos na demanda da família F1

DEMANDA PREVISTA (Pelo processo de previsão de demabda)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	Total	1100	1500	1200
F1	P1	50%	55%	50%
F1	P2	30%	30%	30%
F1	P3	20%	15%	20%
F1	Total	100%	100%	100%

2. Desagregação das vendas e ES

A partir da composição obtida no passo 1, desagregam-se os volumes de vendas (demanda bruta) e ES das famílias definidos pelo planejamento agregado, como foi realizado para o exemplo em desenvolvimento (Tabela 3.3).

Tabela 3.3: Exemplo – Desagregação da demanda bruta e estoques de segurança

DESAGREGAÇÃO DAS VENDAS				
A. Vendas (demanda bruta) e ES				
Família		Janeiro	Fevereiro	Março
F1	Vendas	1000	1450	1200
F1	ES	220	300	240
B. Distribuição da demanda (Passo 1)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	50%	55%	50%
F1	P2	30%	30%	30%
F1	P3	20%	15%	20%
F1	Total	100%	100%	100%
C. Vendas desagregadas (C = A*B)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	500	798	600
F1	P2	300	435	360
F1	P3	200	218	240
F1	Total	1000	1450	1200
D. ES desagregados (D = A*B)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	110	165	120
F1	P2	66	90	72
F1	P3	44	45	48
F1	Total	220	300	240

3. Cálculo da demanda líquida

Como os estoques de segurança variam a cada período de acordo com a demanda total da família e com o *mix* de produtos previsto, haverá uma “demanda” por estoques de segurança, ou seja, em cada mês haverá necessidade de produção de estoques de segurança (se o volume de ES aumentar) ou liberação de ES do período anterior para venda no período corrente (se o volume de estoques de segurança diminuir). Assim sendo, a demanda líquida de cada produto será, na realidade, a demanda bruta mais a demanda por estoques de segurança menos os estoques iniciais de cada produto. Com este resultado, uma nova distribuição da demanda dos produtos da família é calculada. Este passo pode ser melhor entendido através do exemplo a seguir:

Tabela 3.4: Exemplo – Cálculo da demanda líquida

DEMANDA LÍQUIDA				
E. Necessidade de ES (E = D do mês atual - D do mês anterior)				
Família	Produto	Janeiro*	Fevereiro	Março
F1	P1	110	55	-45
F1	P2	66	24	-18
F1	P3	44	1	3
F1	Total	220	80	-60
* Supondo que não haja ES no período anterior				
C. Vendas desagregadas (C = A*B)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	500	798	600
F1	P2	300	435	360
F1	P3	200	218	240
F1	Total	1000	1450	1200
F. Estoques iniciais				
Família	Produto	Estoques		
F1	P1	20		
F1	P2	10		
F1	P3	4		
F1	Total	34		
G. Demanda líquida (G = C + E - F)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	590	853	555
F1	P2	356	459	342
F1	P3	240	219	243
F1	Total	1186	1530	1140
H. Distribuição da demanda líquida entre os produtos				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	50%	56%	49%
F1	P2	30%	30%	30%
F1	P3	20%	14%	21%
F1	Total	100%	100%	100%

4. Desagregação da produção para vendas e ES

A desagregação dos volumes de produção para vendas e ES será realizada utilizando a participação de cada produto na demanda líquida da família. A tabela a seguir mostra este cálculo com os dados do exemplo em desenvolvimento.

Tabela 3.5: Exemplo – Desagregação da produção para vendas e ES

PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES				
H. Distribuição da demanda líquida entre os produtos				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	50%	56%	49%
F1	P2	30%	30%	30%
F1	P3	20%	14%	21%
F1	Total	100%	100%	100%
I. Produção para vendas e ES (Calculada por M1)				
Família		Janeiro	Fevereiro	Março
F1		1686	1280	890
J. Desagregação da produção para vendas e ES (J = H * I)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	839	713	433
F1	P2	506	384	267
F1	P3	341	183	190
F1	Total	1686	1280	890

5. Desagregação da produção para pré-estocagem

Como os volumes de produção para pré-estocagem podem ser consumidos em qualquer um dos meses seguintes à sua produção, para cada período calcula-se a participação média de cada produto nos meses seguintes até o final do horizonte de planejamento. Assim, para o mês 1, calcula-se a média da participação de cada produto nos próximos 11 meses; para o mês 2, a média dos próximos 10 meses; e assim sucessivamente.

O resultado deste cálculo será utilizado para a desagregação da produção para pré-estocagem, concluindo o processo de desagregação.

A tabela a seguir conclui o procedimento descrito para o exemplo apresentado.

Tabela 3.6: Exemplo – Desagregação da produção para pré-estocagem e conclusão da desagregação

PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM				
K. Distribuição média da demanda líquida				
Família	Produto	Janeiro*	Fevereiro**	Março***
F1	P1	51%	50%	50%
F1	P2	30%	29%	30%
F1	P3	19%	21%	20%
F1	Total	100%	100%	100%
* Média de Fev a Dez ** Média de Mar a Dez *** Média de Abr a Dez				
L. Produção para pré-estocagem (Calculada por M1)				
Família		Janeiro	Fevereiro	Março
F1		500	0	0
M. Desagregação da produção para pré-estocagem (M = K * L)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	255	0	0
F1	P2	150	0	0
F1	P3	95	0	0
F1	Total	500	0	0

PRODUÇÃO TOTAL (J + M)				
Família	Produto	Janeiro	Fevereiro	Março
F1	P1	1094	713	433
F1	P2	656	384	267
F1	P3	436	183	190
F1	Total	2186	1280	890

O resultado obtido, que corresponde ao MPS propriamente dito, alimenta o sistema MRP que, por sua vez, determina a política de reposição dos estoques de matérias-primas. O sequenciamento detalhado da produção é delegado ao gerente de produção.

No próximo capítulo, estes modelos propostos serão submetidos a diversos testes de validação e seus resultados passarão por uma análise crítica. Além disso, será discutida a forma de implementação destes modelos dentro dos processos do Planejamento Logístico.

4. APLICAÇÃO DOS MODELOS

Este capítulo tem como principal objetivo a validação dos modelos de apoio à decisão propostos frente à realidade dos processos de planejamento da produção da Kibon.

Inicialmente, as condições de teste dos modelos foram definidas. Para viabilizar um número maior de testes e uma melhor comprovação da aderência dos modelos, uma redução do problema completo foi definida. Dessa forma, o tempo de processamento dos modelos foi reduzido sem que os resultados dos testes fossem comprometidos.

Em seguida, os resultados dos testes são mostrados, comprovando a adequação dos modelos propostos.

Além disso, uma análise crítica dos resultados obtidos é apresentada, enfatizando a importância da realização deste trabalho.

Por fim, as implicações da implementação dos modelos propostos são detalhadas para cada processo da hierarquia de planejamento da empresa, dando especial ênfase às necessidades de mudança para que a implementação tenha sucesso efetivo.

4.1. Testes dos modelos

Para validar os modelos de apoio à decisão propostos, foram realizados testes envolvendo todas as linhas de produção e SKU's de uma Mini-Fábrica selecionada. Detalhes destas linhas e produtos não serão revelados neste trabalho para respeitar as regras de confidencialidade da empresa.

Esta redução do problema real foi adotada para que o tempo de processamento computacional pudesse ser reduzido e, conseqüentemente, houvesse maior disponibilidade de tempo para a realização de um número maior de testes de validação e, com isto, todas as variáveis do modelo pudessem ser verificadas.

A Mini-Fábrica selecionada foi escolhida por ser a que representa de maneira mais fiel todas as restrições e necessidades de tomada de decisão consideradas nos

modelos, além de produzir SKU's de relevância, demanda e tempo de produção bem distintos entre si, refletindo também a diversidade do *portfolio* de produtos da Kibon.

Esta Mini-Fábrica engloba duas linhas de produção idênticas, responsáveis atualmente pela produção de 23 SKU's.

Para o teste do modelo de Planejamento Agregado (M1), com horizonte de 12 meses, estes SKUs foram divididos em 4 famílias, de acordo com sua similaridade em relação aos tempos de produção e comportamento da demanda.

Tabela 4.1: Famílias e número de SKU's selecionados

Família	Número de SKUs
F1	7
F2	4
F3	5
F4	7
Total	23

Os testes serão realizados simulando a utilização dos modelos de apoio à decisão no período entre Janeiro a Dezembro de 2003, para os quais a empresa pôde disponibilizar dados mais confiáveis.

4.2. Cálculo dos estoques de segurança

A seguir, é apresentada apenas a metodologia para obtenção dos estoques de segurança aplicados nos testes, uma vez que atualmente a empresa não os calcula e o método apresentado foi desenvolvido ao longo deste trabalho.

Para o dimensionamento dos estoques de segurança, aplicou-se o cálculo do erro padrão médio medido entre a previsão de demanda realizada pela própria empresa e as vendas reais do período analisado, conforme a fórmula abaixo, que foi citada por BALLOU (2001) e já foi apresentada na revisão bibliográfica.

Como este não é o foco principal do trabalho e um modelo de previsão de demanda mais sofisticado já está sendo desenvolvido internamente pela empresa, as próprias estimativas geradas pelos processos atuais da empresa foram utilizadas para alimentação dos cálculos dos erros padrão.

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (A_t - F_t)^2}{N - 1}} \quad (1)$$

Onde:

- S_F = Erro padrão da previsão
- A_t = Demanda real do período t
- F_t = Previsão para o período t
- N = Número de períodos de previsão t

Esta fórmula teve que ser modificada para a adaptação à sazonalidade presente no perfil de demanda da Kibon. Ao invés de realizar o cálculo do erro padrão absoluto, calculou-se o desvio percentual de cada período, eliminando as distorções que seriam provocadas pela grande diferença de volume entre os meses de verão e inverno.

Os erros padrão calculados foram utilizados no cálculo de estoques de segurança para níveis de serviço distintos, que serão utilizados para o teste de validação dos modelos de apoio à decisão. Considerou-se que os erros da previsão de demanda apresentam uma distribuição normal. Assim,

$$ES_{NS} = A_t \cdot z_{NS} \cdot S_F \quad (2)$$

Onde:

- ES_{NS} = Estoque de segurança necessário para obtenção do nível de serviço NS
- A_t = Demanda real do período t
- z = Número de erros padrões necessários para a obtenção de NS
- S_F = Erro padrão da previsão (percentual)

Sugere-se que o cálculo do erro padrão da previsão envolva os últimos 12 meses, período que cobre todo o ciclo de sazonalidade da demanda e é suficiente para a aplicação do teorema do limite central e, portanto, permite a consideração da distribuição normal como forma de distribuição de frequência dos erros de previsão.

É importante que o cálculo do erro padrão da previsão seja refeito a cada revisão para que melhorias ou falhas do processo de previsão sejam consideradas e o resultado reflita melhor o desempenho do modelo implementado.

Os resultados destes cálculos e a metodologia de levantamento dos demais dados encontra-se registrada no Anexo A deste trabalho.

4.3. Testes de validação

4.3.1. Modelo de Planejamento Agregado (M1)

Para verificação da aderência do modelo de apoio à decisão proposto para suporte ao planejamento agregado da Kibon, foram realizados testes com os dados originais levantados e variações destes parâmetros para análise do comportamento do modelo sob diversas circunstâncias.

Nesta seção serão mostrados os gráficos e as tabelas considerados fundamentais para as análises do desempenho do modelo. Os resultados completos dos testes encontram-se no Anexo B deste trabalho.

Para validar o modelo M1, é necessário verificar se os resultados de suas variáveis são coerentes em relação aos seguintes aspectos:

- Manutenção de estoques de segurança
- Alocação de turnos de produção (política de uso da capacidade)
- Priorização de atendimento da demanda
- Política de estocagem

- Estratégia de produção (*Chase x Level*)
- Política de contratação e demissão de mão-de-obra

Estoques de segurança

Em primeiro lugar, o modelo foi rodado com diferentes níveis de serviço, ou seja, diferentes volumes de estoques de segurança. O objetivo deste teste é verificar se o modelo realmente mantém os estoques de segurança desejados (calculados anteriormente no processo de previsão de demanda e inseridos no modelo de planejamento agregado como parâmetro para o cálculo das metas de estoque).

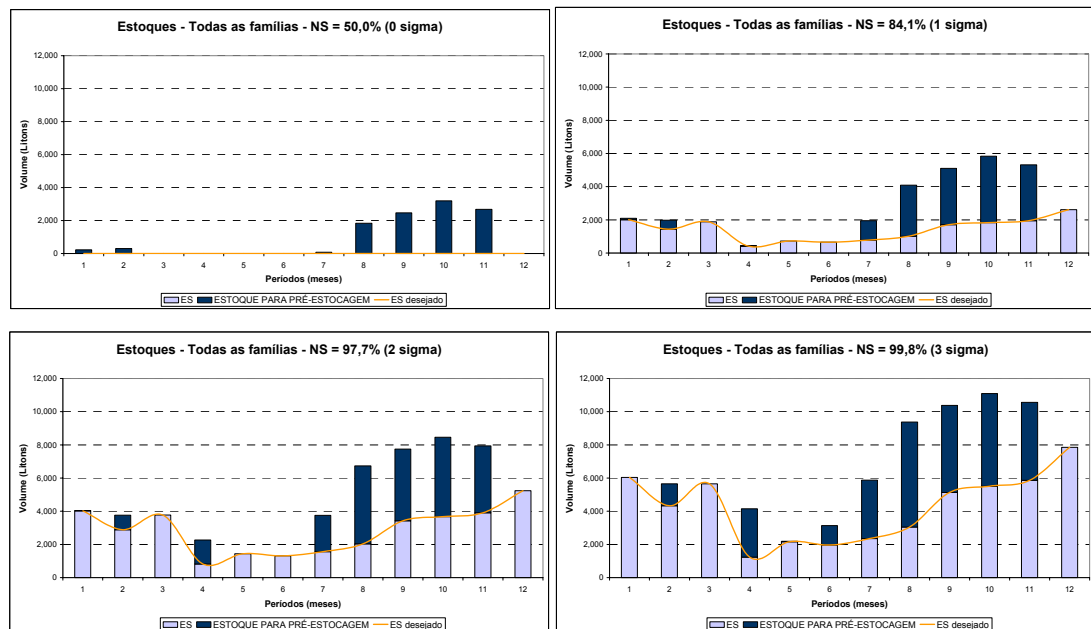


Figura 4.1: Estoques para diferentes níveis de serviço

Através dos gráficos apresentados, fica claro que o modelo efetivamente está mantendo os estoques de segurança de acordo com os níveis de serviço definidos.

Alocação de turnos de produção (política de uso da capacidade)

Outro aspecto importante a ser verificado é a forma como o modelo prioriza a utilização da capacidade disponível.

Obviamente, o modelo deve priorizar a utilização das capacidades de menor custo, ou seja, ter como prioridade a produção em turnos normais, seguida de turnos extras e, finalmente, produção subcontratada. A seguir, são exibidos os custos de produção de cada tipo de turno disponível.

Tabela 4.2: Custos de produção

CUSTOS DE PRODUÇÃO	
Turnos	Custo [R\$/Turno]
Normal	8,781
Extra	9,659
Subcontratado	10,098

Os resultados apresentados são correspondentes ao teste realizado anteriormente com estoques de segurança iguais a zero, para o qual a priorização de produção foi mais evidente, uma vez que, por demandar um volume de produção menor, resultou em maior ociosidade das linhas de produção. A ociosidade é fundamental para este teste, pois evidencia quais tipos de turnos foram priorizados (100% utilizados) e quais foram preteridos (apresentam ociosidade). Os resultados apresentados na Figura 4.2 é referentes à Família 1, a única com possibilidade de produção subcontratada. Já a Figura 4.3 é referente à produção das 4 famílias nas duas linhas de produção. A análise dos dois gráficos em conjunto prova a aderência do modelo em relação à alocação dos turnos de produção.

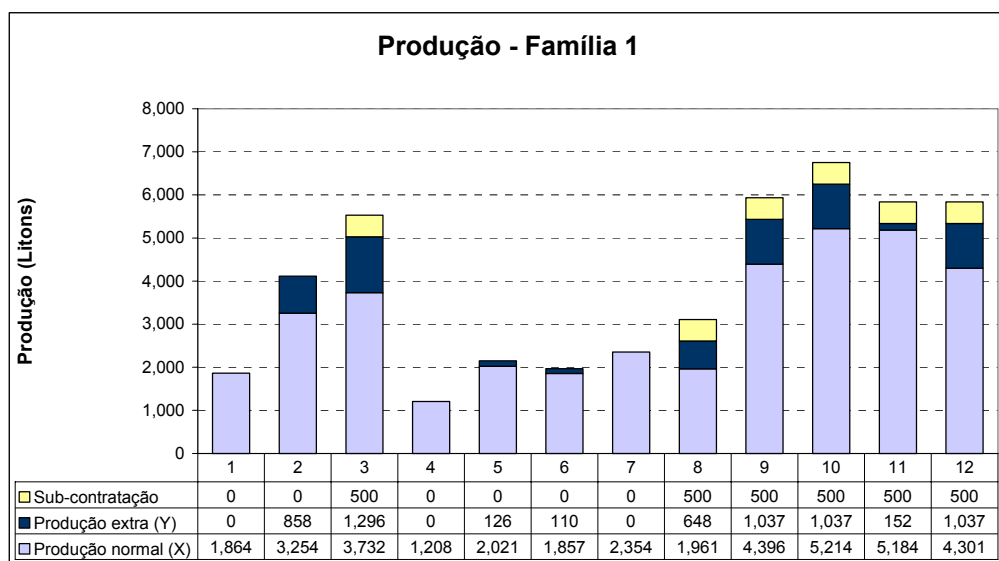


Figura 4.2: Resultados obtidos para a Família 1

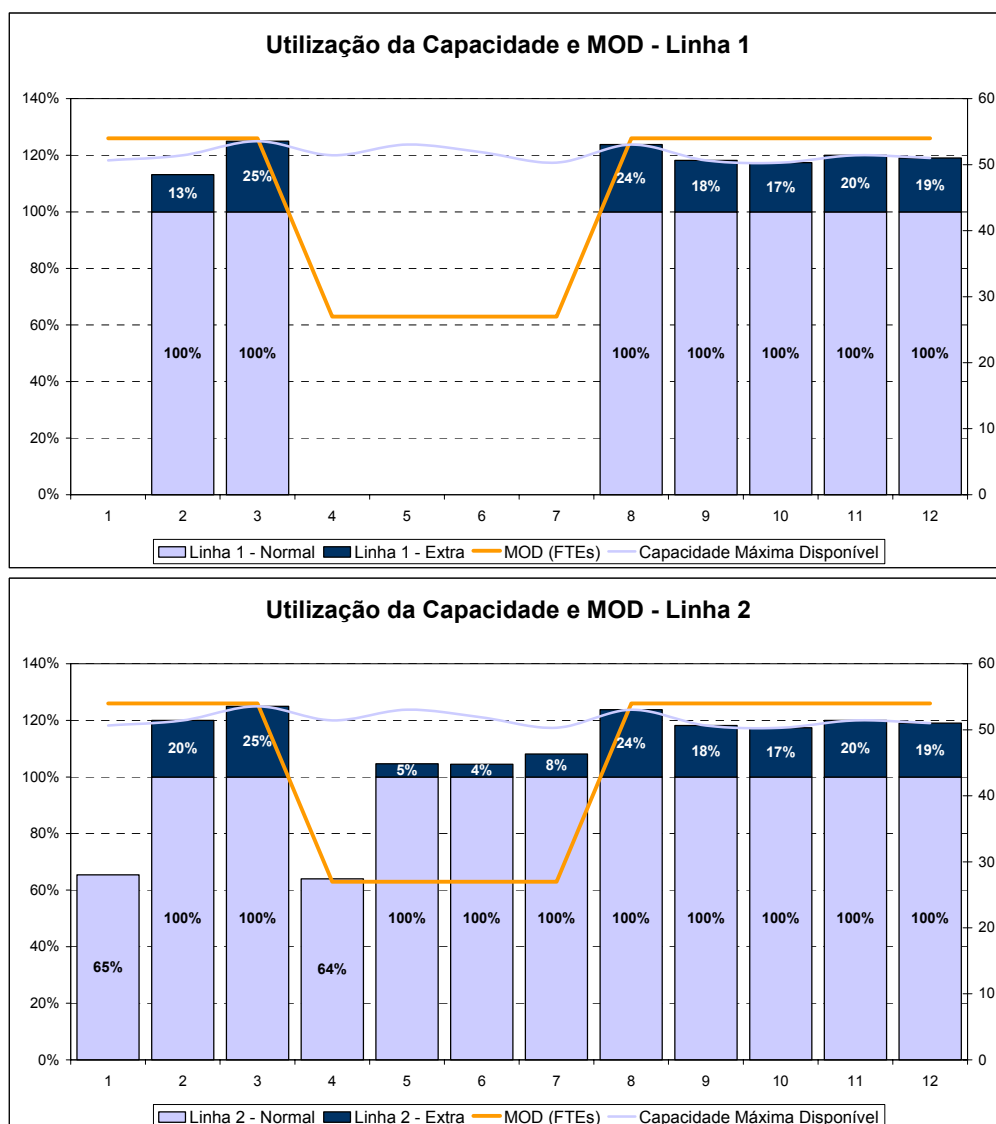


Figura 4.3: Utilização de capacidade sugerida pelo modelo⁶

Observando os resultados dos períodos 5 e 6, evidencia-se que o modelo está respeitando a priorização desejada, pois mostra que a capacidade extra só foi utilizada após a utilização de 100% dos turnos normais, expondo claramente que o modelo priorizou a produção em turnos normais. Além disso, o resultado destes períodos também mostra que o modelo prioriza a produção própria, já que, embora tivesse capacidade subcontratada disponível, não a utilizou.

⁶ Destaca-se que o modelo sugere o fechamento da linha 1 no mês 1 devido aos elevados estoques iniciais a serem consumidos no período (dados reais) e nos meses 4 a 7 para permitir a demissão dos funcionários dessa linha, eliminando seus custos durante este período por ser esta a estratégia mais rentável.

O período 2 deixa claro que o modelo prefere produzir em horas extras do que subcontratar, já que toda a capacidade normal e extra foi 100% consumida, enquanto nenhuma subcontratação foi realizada.

Com isto, comprova-se que o modelo está priorizando corretamente os turnos de produção a serem utilizados.

Priorização de atendimento da demanda

A seguir, verifica-se como o modelo prioriza o atendimento da demanda entre as famílias em uma condição de restrição de capacidade.

Espera-se que o modelo deva priorizar a venda de produtos com maior margem, considerando todos os custos envolvidos. Empiricamente, sabe-se que, para a obtenção do lucro máximo em um ambiente de capacidade de produção restrita, o modelo deve priorizar a produção do produto de maior lucro por unidade do recurso restrito, ou seja, o maior lucro por turno (unidade de capacidade utilizada pelo modelo). Para verificar a aderência do modelo, estimou-se a margem por turno gerada por cada família, considerando o tempo de produção consumido por cada uma delas para a realização do rateio, cujos resultados encontram-se na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Estimativas de margem por turno

R\$/Turno	F1	F2	F3	F4
Preço atacado	178,759	202,593	168,828	156,414
Materiais	31,383	35,568	29,640	27,460
MOD	3,414	3,869	3,225	2,987
FTE	379	430	358	332
Estoques	17,244	19,543	16,286	15,088
Produção Variáveis	379	430	358	332
Produção Fixos	8,507	9,641	8,034	7,443
Margem	117,452	133,112	110,927	102,770

Para verificar a priorização do modelo, a capacidade disponível foi reduzida a 10% da capacidade atual e gradativamente aumentada para identificar quais são as

prioridades de produção do modelo. Para que os resultados sejam mais diretamente percebidos, a subcontratação e os estoques iniciais foram zerados.

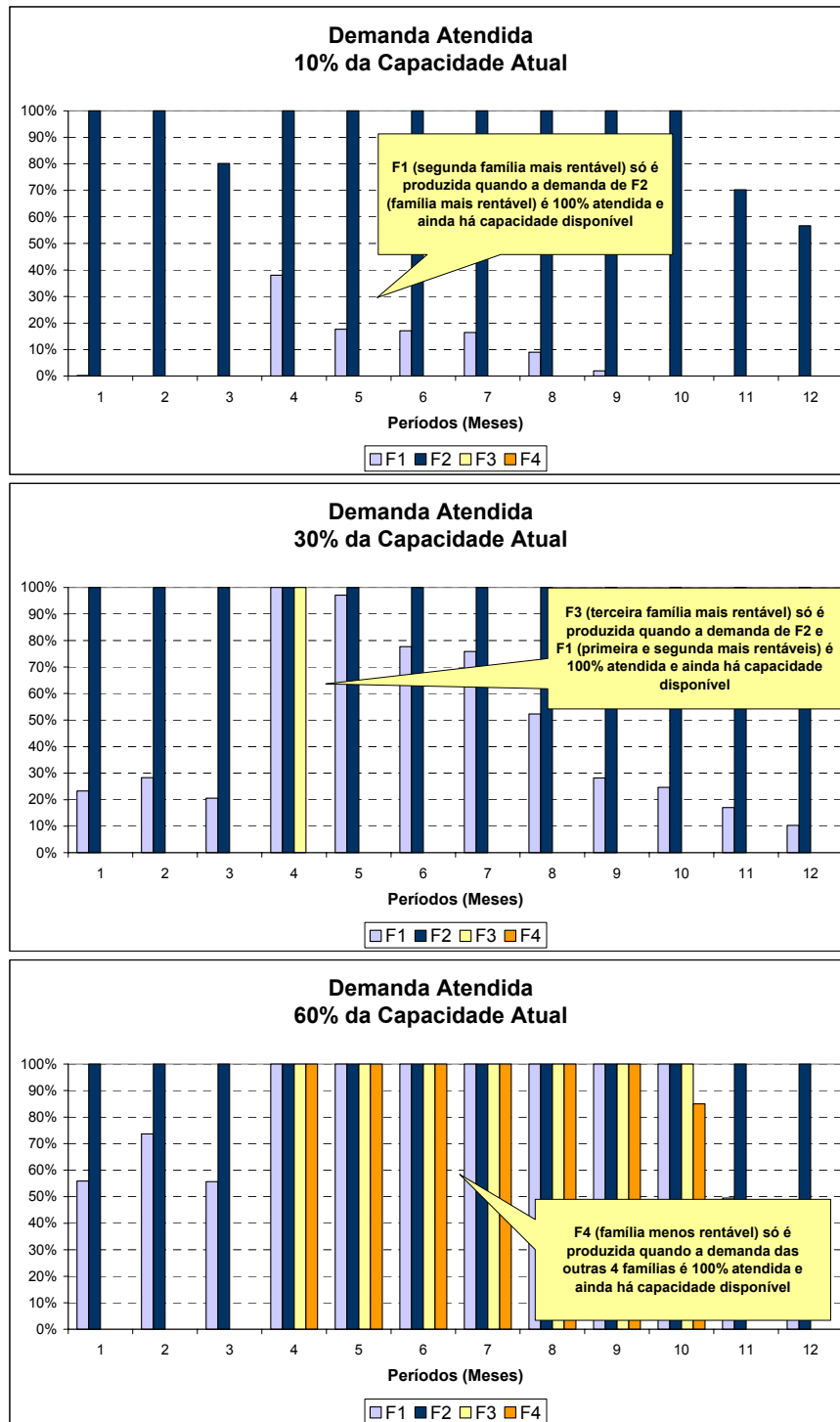


Figura 4.4: Demandas atendidas por família segundo a capacidade disponível

Pelos resultados apresentados, nota-se que o modelo está priorizando o atendimento da demanda dos seus produtos mais rentáveis, ou seja, considerando os custos reais, a prioridade de produção do modelo tem a seguinte seqüência: F2, F1, F3, F4, ou seja, quanto maior a margem por turno, maior a prioridade de produção.

Estocagem

Supondo que todas as famílias apresentam o mesmo tempo de produção (consumo de capacidade), se há necessidade de pré-estocagem, o modelo deve sugerir que as famílias de menor custo de estoque sejam mantidas em estoque.

Para facilitar a visualização dos resultados, serão considerados estoques de segurança nulos. A Tabela 4.4 mostra os custos de estoque utilizados no teste e a Figura 4.5 exibe os resultados obtidos.

Tabela 4.4: Custos de estoques

CUSTOS DE ESTOQUE [R\$/Liton]	
Famílias (i)	Estoque
F1	399
F2	532
F3	739
F4	599

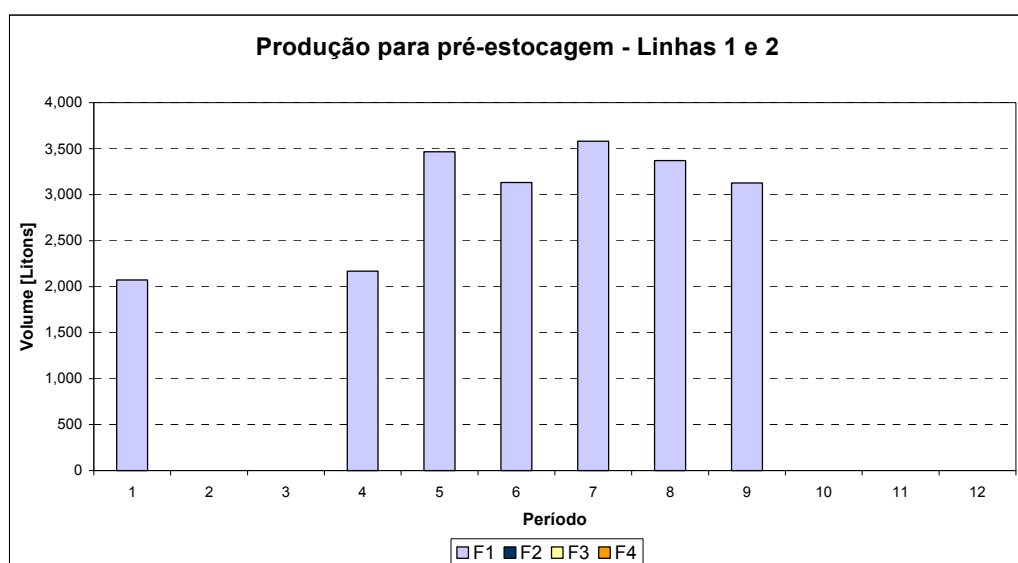


Figura 4.5: Pré-estocagem supondo tempos de produção iguais entre as famílias

Nota-se que, sem o efeito dos consumos de capacidade, o modelo tende a pré-estocar a família com o menor custo de estoque, ou seja, a F1, sendo, portanto, um resultado bastante coerente.

Escolha da estratégia de produção (*Chase* x *Level*)

A escolha da melhor estratégia de produção está diretamente ligada aos custos de estoque e horas extras.

Elevando-se os custos de estoque, espera-se que uma estratégia *chase* tenda a se tornar mais vantajosa. A Figura 4.6 compara os volumes de produção com a demanda para um cenário com custos de estoque quatro vezes maiores. Nota-se que realmente o modelo sugere que não haja estoque, ou seja, que a produção seja apenas suficiente para atender à demanda (estratégia *chase*), utilizando horas extras, como mostra a Figura 4.7.

Por outro lado, se os custos de horas extras e subcontratação forem elevados, o modelo tende a sugerir uma estratégia cada vez mais próxima da *level*, como mostram as Figuras 4.8 e 4.9.

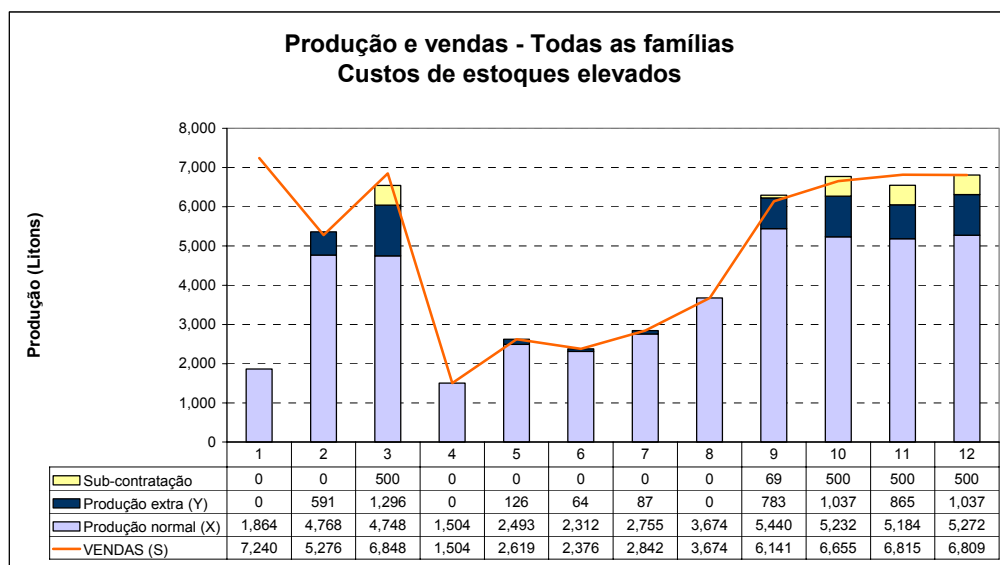


Figura 4.6: Vendas e produção com o aumento dos custos de estoque

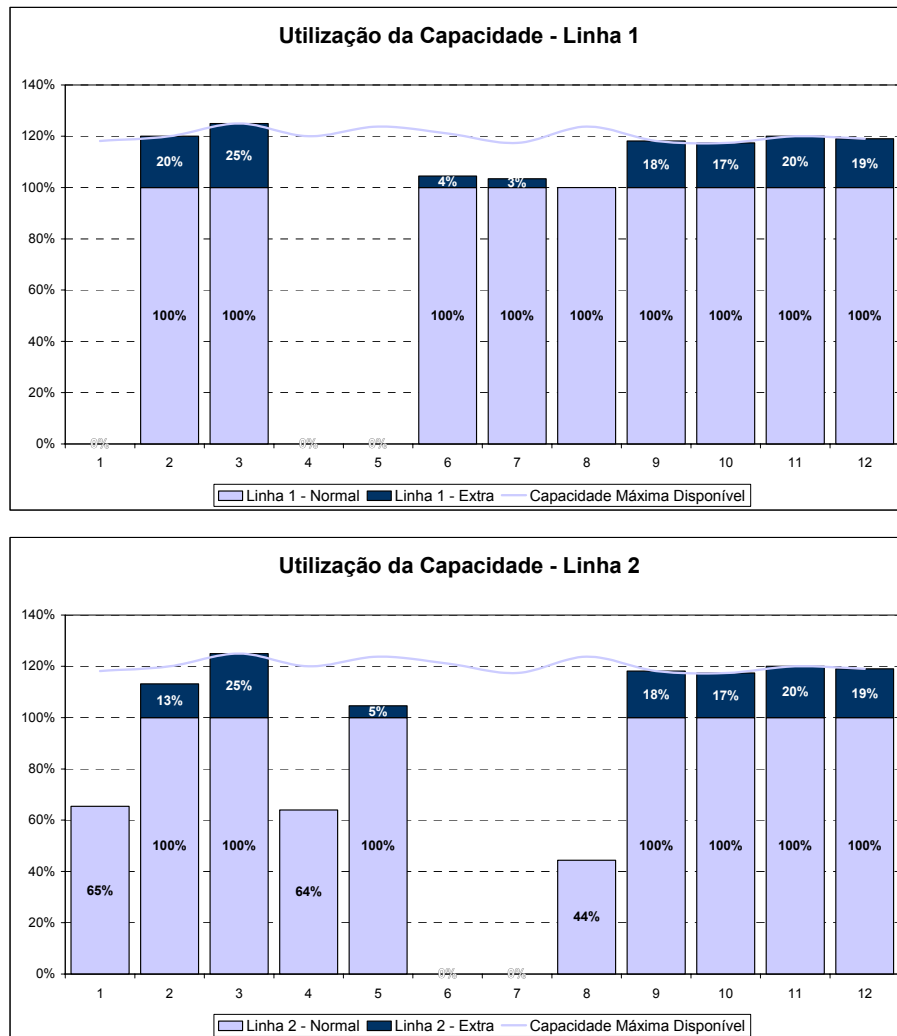


Figura 4.7: Uso da capacidade com o aumento dos custos de estoque

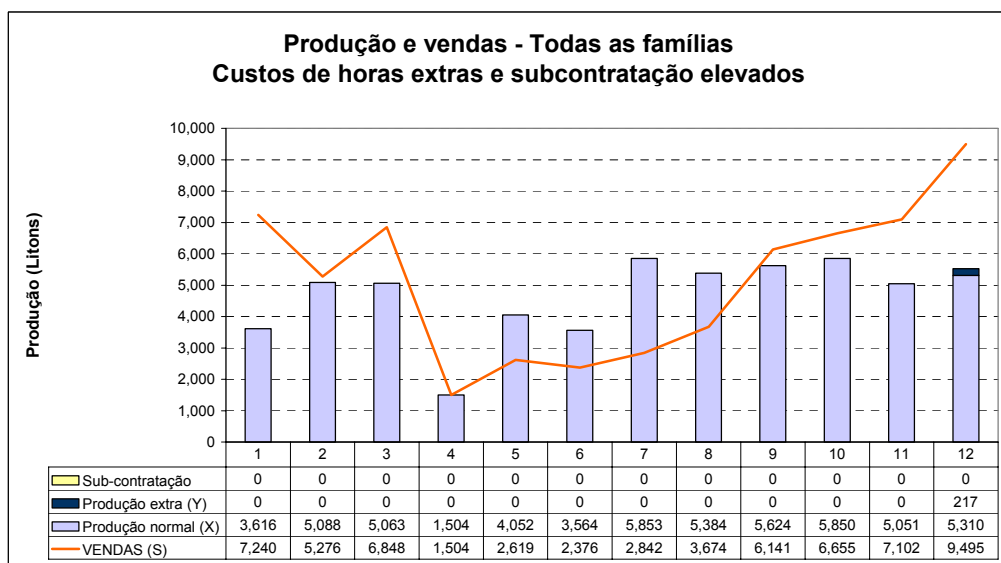


Figura 4.8: Vendas e produção com aumento de custos de horas extras



Figura 4.9: Uso da capacidade com o aumento dos custos de horas extras e subcontratação

Contratação e demissão de mão-de-obra

Por fim, simulou-se um aumento dos custos de contratação e demissão de funcionários. Nota-se que um aumento acima de 25% nos custos de demissão e contratação justifica a manutenção de quadro de pessoal constante, mesmo que as linhas de produção continuem ociosas em alguns períodos. A Figura 4.10 mostra a situação atual, na qual o modelo sugere a diminuição do quadro de funcionários entre os períodos 4 e 7.

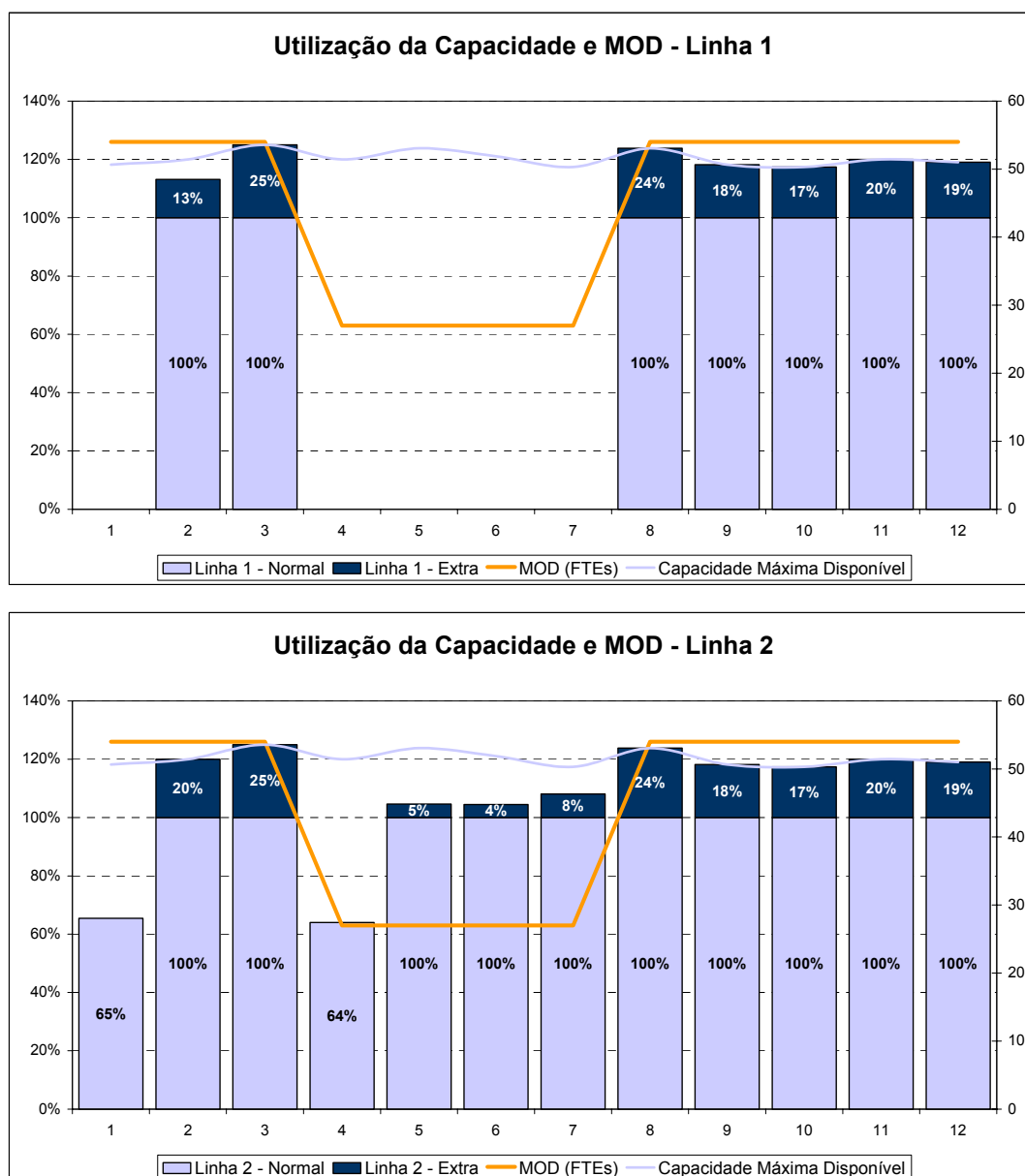


Figura 4.10: Utilização da capacidade e mão-de-obra com custos de contratação e demissão atuais

A Figura 4.11, referente aos resultados considerando custos de demissão e contratação 25% maiores mostra que a manutenção do mesmo número de funcionários nesta Mini-Fábrica é mais vantajosa, sendo a produção distribuída entre as duas linhas.



Figura 4.11: Utilização da capacidade e mão-de-obra com custos de contratação e demissão 25% maiores

Com estes testes, conclui-se a validação do modelo M1 sob todos os aspectos julgados relevantes para a comprovação de sua aderência em relação aos processos atuais de planejamento da produção.

4.3.2. Modelo de Desagregação – MPS (M2)

Quanto ao modelo M2, que tem como função a desagregação dos volumes de produção definidos pelo planejamento agregado, apresenta-se um teste para a família F1. Embora seja proposto que o modelo seja rodado para um horizonte de apenas 3 meses, serão apresentados os resultados para 12 meses. Assim, em um mesmo teste, todos os aspectos relevantes deste modelo podem ser observados. Como entrada, foram utilizados os resultados do modelo M1 para um nível de serviço igual a 99,8%.

A Figura 4.12 mostra o *mix* de vendas previsto da família, enquanto as Figuras 4.13 e 4.14 mostram o *mix* que deve ser aplicado aos volumes agregados de produção (para vendas e para pré-estocagem, respectivamente), considerando os estoques iniciais e estoques de segurança (demanda líquida), calculado conforme o procedimento proposto no capítulo 3, representado na Figura 3.3.

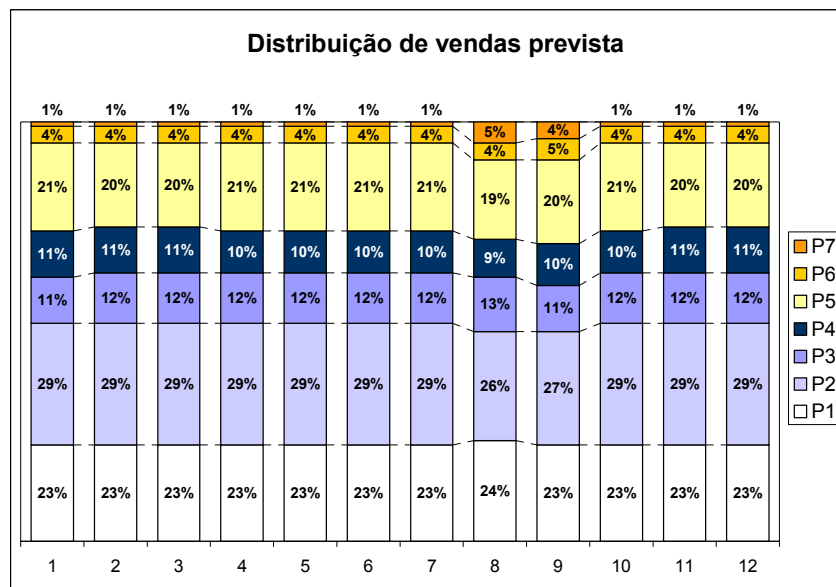


Figura 4.12: Distribuição da demanda prevista

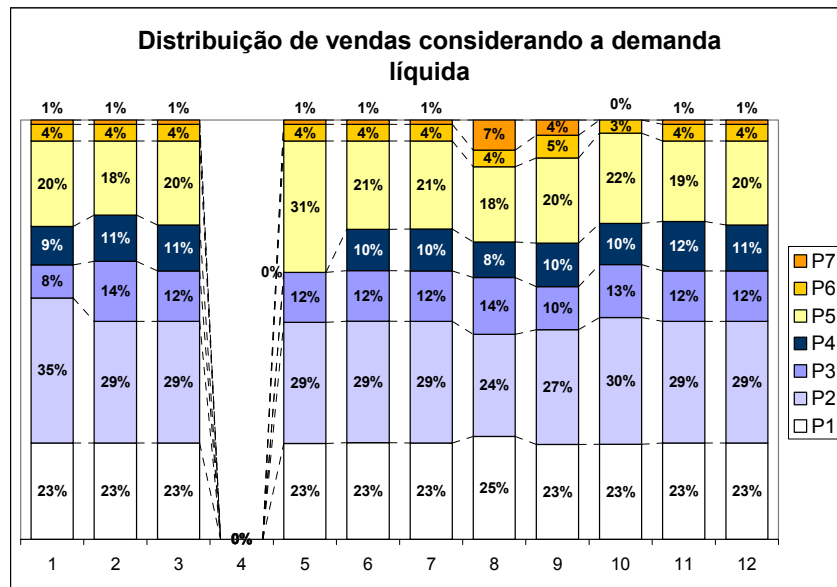


Figura 4.13: Distribuição para desagregação da produção para vendas e ES

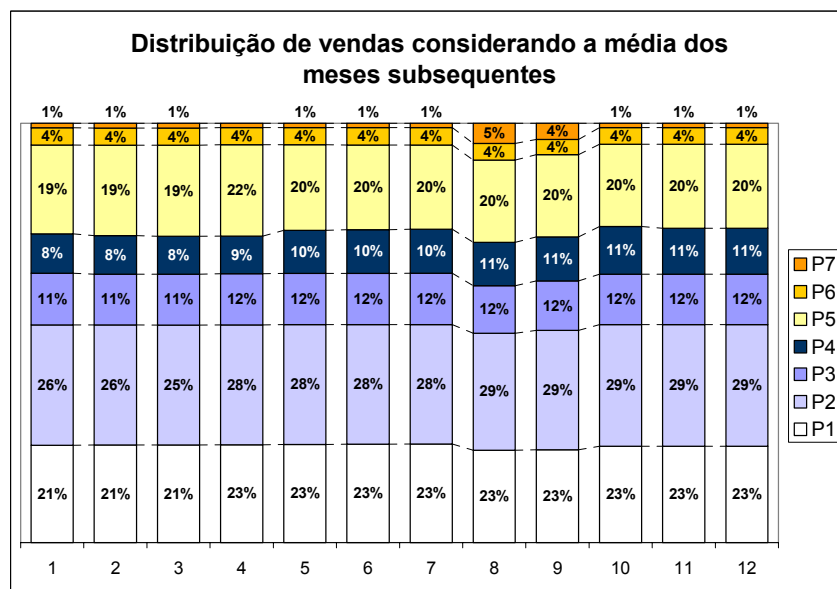


Figura 4.14: Distribuição para desagregação da produção para Pré-estocagem

Este resultado mostra que a desagregação pela distribuição da demanda líquida é importante para um ambiente com demanda sazonal e manutenção de estoques de segurança. A necessidade ou liberação de ES para venda pode chegar até, em casos extremos, fazer com que nenhuma produção seja necessária, sendo, portanto, sua consideração fundamental para uma desagregação coerente com as necessidades da empresa.

4.4. Análise dos resultados para a situação atual da empresa

Além da comprovação da consistência dos modelos propostos, é importante analisar os resultados obtidos e o impacto dos mesmos sobre a situação atual da empresa.

Redução de estoques

Embora os modelos tenham mostrado-se aderentes à realidade da empresa, somente a sua real implementação nos processos de PCP poderá quantificar os ganhos efetivos trazidos pelos mesmos.

No entanto, os testes dos modelos evidenciam que existe um grande potencial para redução dos níveis de estoque atuais com a implementação de M1, sem que haja prejuízo ao atendimento da demanda. Como mostra a Figura 4.15, a adoção de um nível de serviço de 97,7% requer a manutenção de estoques de segurança equivalentes a uma média de 18 dias de cobertura, menor, inclusive, do que a política atualmente adotada de 21 dias.

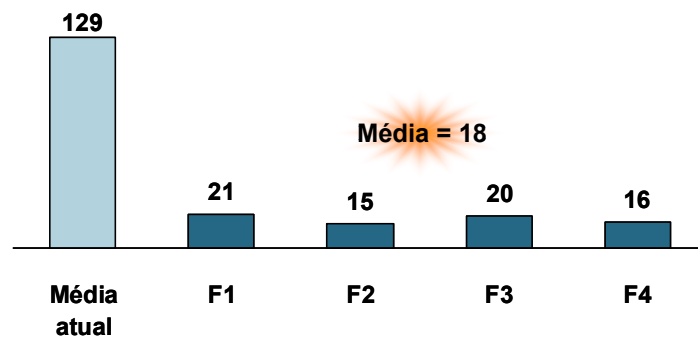


Figura 4.15: Níveis de estoque atuais e sugeridos pelo modelo para um nível de serviço de 97,7%

Além disso, espera-se que, com o fim dos descasamentos entre o plano mestre de produção, o MRP e a programação semanal de produção, haja uma drástica redução dos estoques de matérias-primas e material de embalagem, que, idealmente, seriam de 30 dias para a maior parte dos itens.

Política de utilização da capacidade

Mais do que quantificar os ganhos de margem, é importante alertar que a estratégia hoje utilizada pela empresa, com a utilização de horas extras apenas no período entre setembro e fevereiro, já pode não ser a mais vantajosa para atendimento da demanda atual.

Os resultados a seguir mostram a utilização de capacidade sugerida pelo modelo para uma situação próxima da atual, sem a manutenção de estoques de segurança e sem a utilização de subcontratação de produção.



Figura 4.16: Utilização da capacidade de produção para um plano sem estoques de segurança e subcontratação

Os resultados do modelo M1 evidenciam que, até mesmo neste caso, mesmo havendo capacidade normal em outros períodos, é mais lucrativo que sejam utilizadas as horas extras também dos meses de março e agosto, já que isto evita elevados custos de estoque que ocorreriam caso os produtos fossem produzidos em períodos de ociosidade, como é atualmente realizado.

O uso constante do recurso de horas-extras evidencia que talvez seja o momento de estudar a viabilidade econômica de expansão da fábrica. Esta necessidade da empresa de uma solução para expansão de capacidade é enfatizada pelo fato de que um aumento de apenas 10% da demanda já acarretaria perdas de venda (considerando estoques de segurança para $NS = 97,7\%$).

Horizonte rolante

Destaca-se a importância da utilização do conceito de horizonte rolante nos modelos de apoio à decisão propostos. Embora tenha sempre que ser considerado um horizonte de planejamento de 12 meses (ciclo completo de sazonalidade), é fundamental que variáveis de entrada sejam atualizados a cada mês. A atualização principalmente de dados de estoques iniciais e demanda prevista fará com que os modelos a cada mês adaptem seus resultados às variações ocorridas em relação ao previsto no mês anterior, melhorando o desempenho dos processos de planejamento da produção e gestão de estoques.

Com a revisão mensal do plano de produção, corrigem-se os erros de previsão ocorridos, melhorando o desempenho do planejamento. Para tornar esta importância mais clara, simulou-se uma demanda 30% menor no mês de janeiro. Para simulação do cenário com horizonte rolante, o modelo foi novamente rodado mantendo as variáveis e parâmetros de janeiro congelados (como se os volumes de venda e produção já tivessem se concretizado). Em contrapartida, para simulação do cenário sem horizonte rolante, apenas o volume de vendas de janeiro foi diminuído, sem que o modelo fosse rodado novamente, mantendo-se as metas de produção inalteradas (como se não tivesse havido revisão do plano). As Figuras 4.17 e 4.18 permitem comparar os resultados de planos realizados com e sem a adoção de um horizonte rolante.

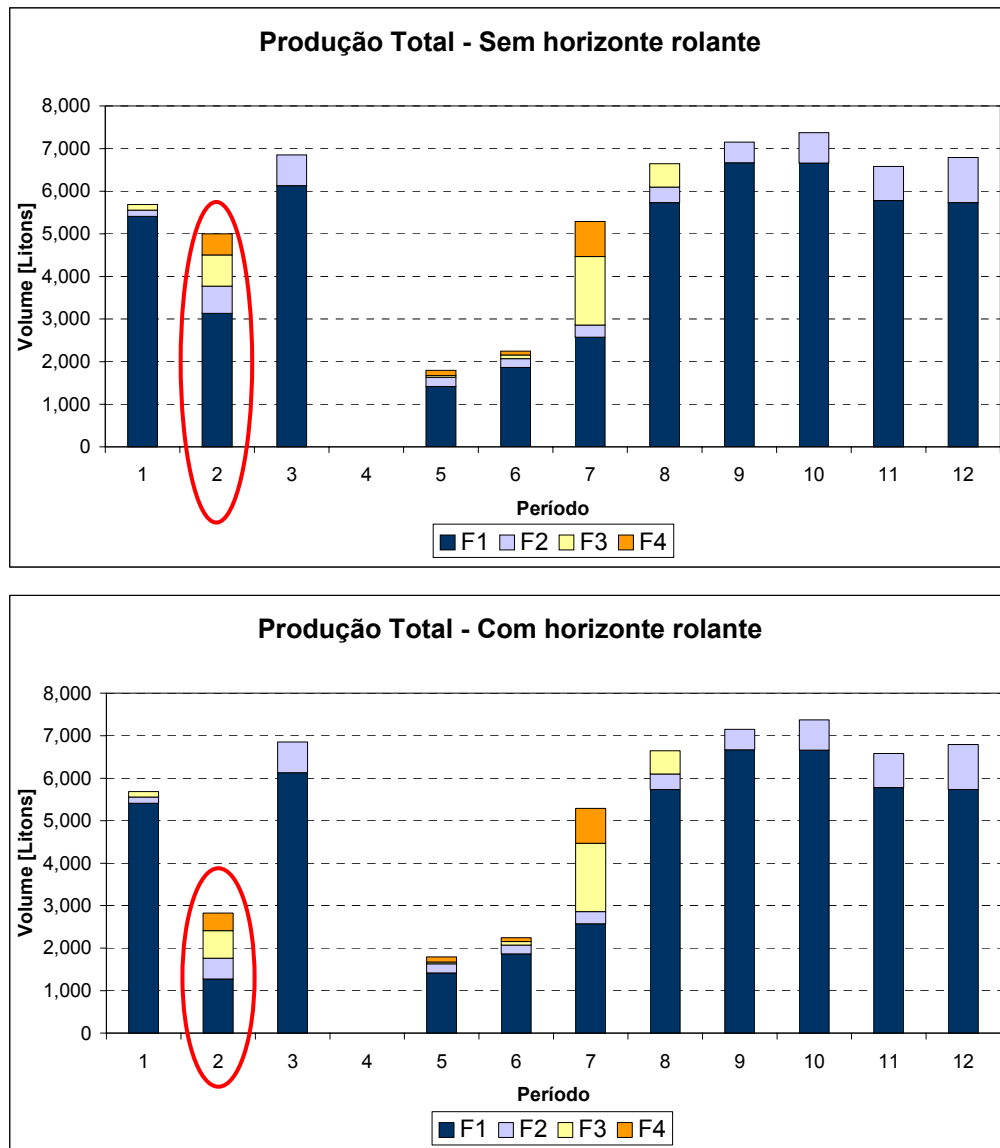


Figura 4.17: Volume de produção nos planos com e sem horizonte rolante⁷

⁷ Não há produção no período 4 para consumo de excedentes de ES no período 3, já que a demanda do período 4 é significativamente menor do que a do mês anterior, fazendo com que tanto sua demanda bruta (vendas) como seus estoques de segurança sejam menores e possam ser supridos pelo ES liberado no final do mês 3.

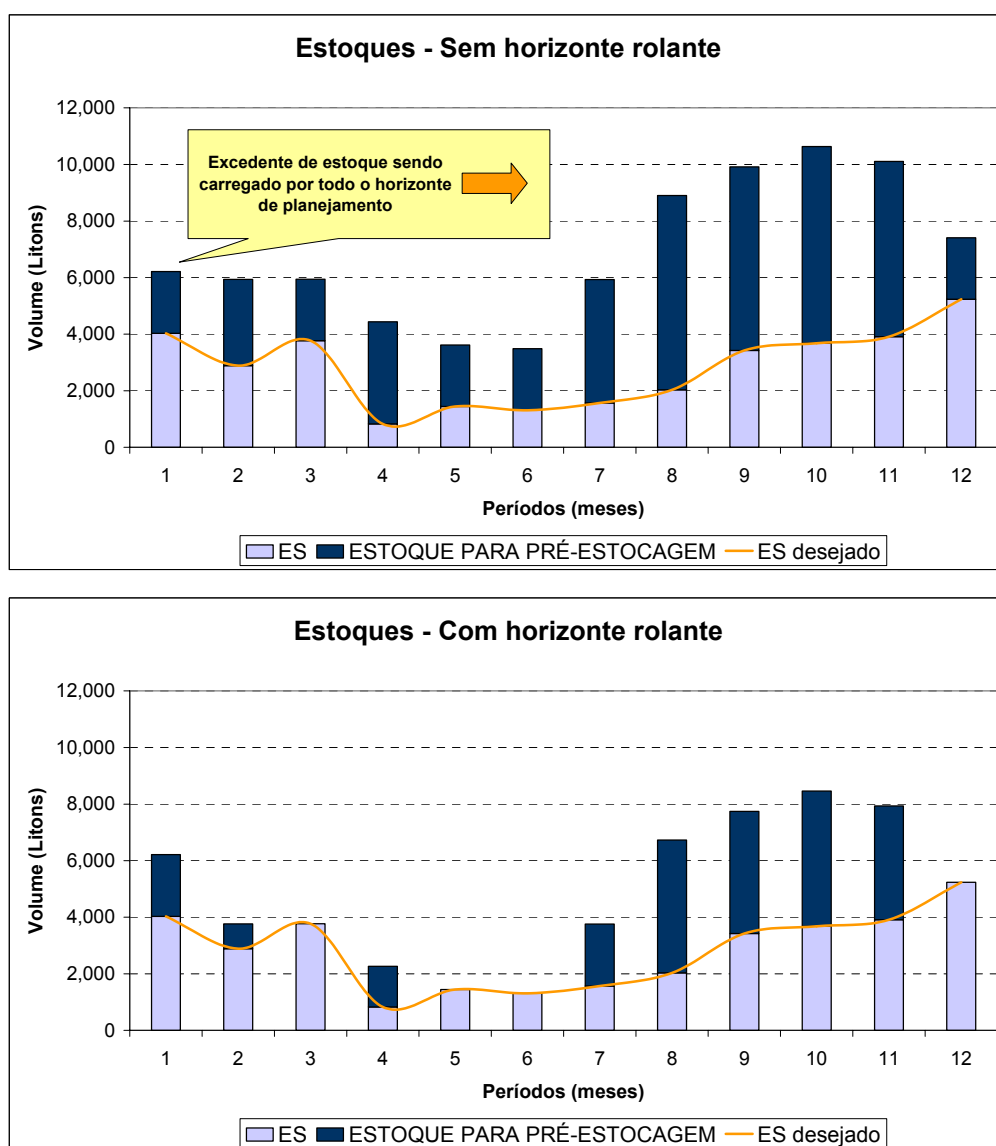


Figura 4.18: Volume de estoque nos planos com e sem horizonte rolante

A Tabela 4.5 mostra os impactos obtidos sobre as margens nos testes realizados. Obviamente, a principal redução de custos trazida pela revisão do plano ocorreu nos custos de estoque, embora também tenham ocorrido diminuições nos custos de materiais, conversão e mão-de-obra, já que a redução no volume produzido evitou o uso de horas extras.

Tabela 4.5: Impactos da utilização de um horizonte rolante

RESULTADOS OBTIDOS [R\$]								
	Margem	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
Dados reais	201,339,235	278,569,443	77,230,208	45,958,672	26,547,577	3,448,286	728,513	547,160
Sem horizonte rolante	180,491,943	268,906,987	88,415,045	45,958,672	37,732,413	3,448,286	728,513	547,160
Com horizonte rolante	192,476,330	268,906,987	76,430,658	44,262,305	27,479,647	3,448,286	713,551	526,869

VARIÁÇÕES EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO REAL [R\$]								
	Margem	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
Dados reais	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Sem horizonte rolante	-10%	-3%	14%	0%	42%	0%	0%	0%
Com horizonte rolante	-4%	-3%	-1%	-4%	4%	0%	-2%	-4%

Impacto das variações da demanda

E ainda, o modelo mostra que pequenas variações na demanda já são capazes de mudar completamente a estratégia de produção mais lucrativa para a empresa, reforçando a importância do horizonte rolante. Assumindo um nível de serviço de 97,7%, as Figuras 4.19 e 4.20 mostram as alterações sugeridas pelo modelo para uma redução de apenas 10% nos volumes de demanda.



Figura 4.19: Utilização da capacidade para a demanda atual

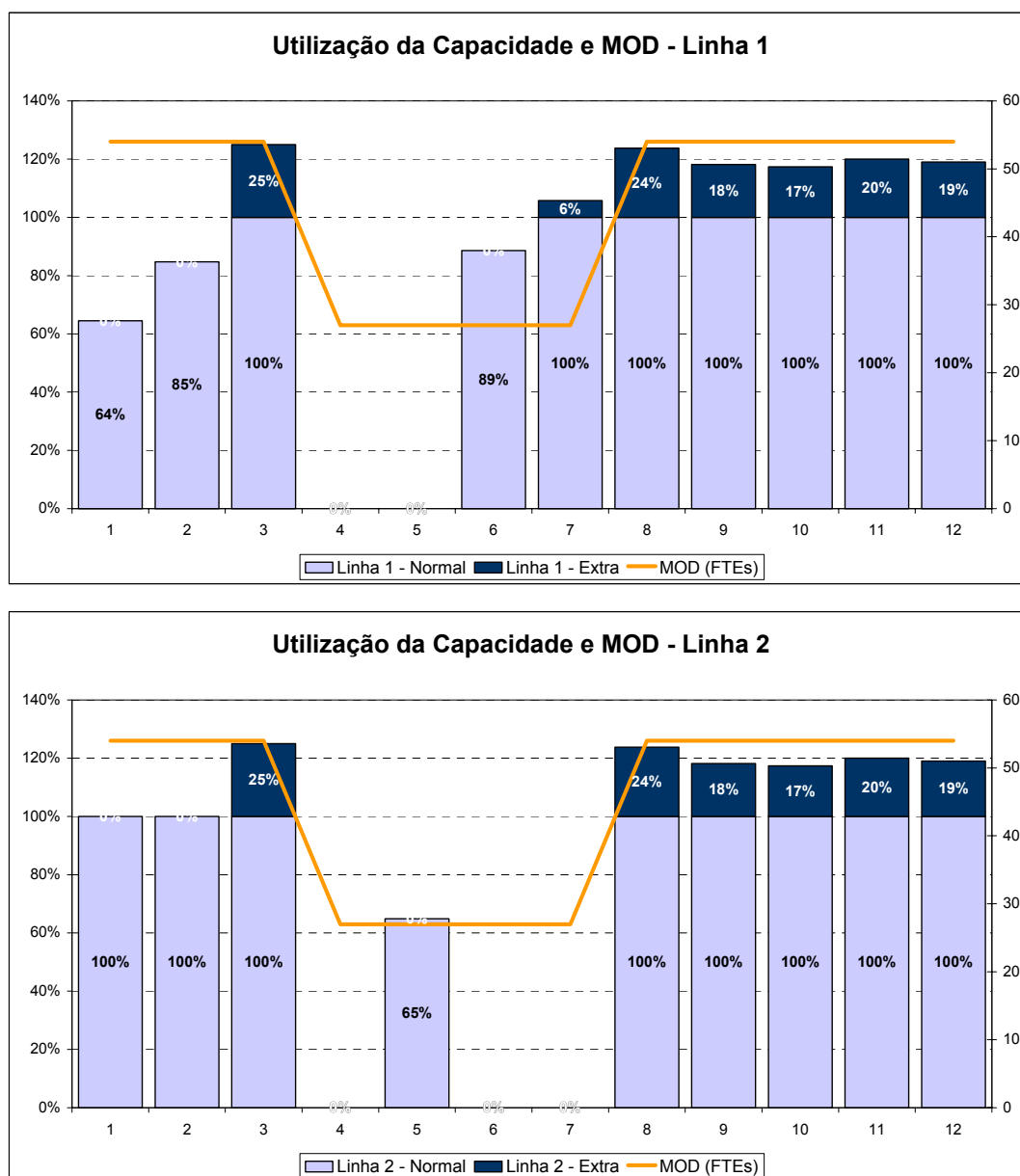


Figura 4.20: Utilização da capacidade para 90% da demanda atual

Impacto dos erros de previsão de demanda

Outro aspecto importante a ser analisado diz respeito ao impacto dos erros de previsão de demanda sobre a lucratividade da empresa. Nota-se que, com os erros atuais, há uma perda de 5% a 18% de margem (aproximadamente 12 a 41 milhões de reais dependendo do nível de serviço adotado). Estima-se que uma melhoria de 50% nas estimativas de vendas (erros de previsão passando para 10%-14%) pode representar um ganho de margem de até 10%, como mostra o gráfico a seguir.

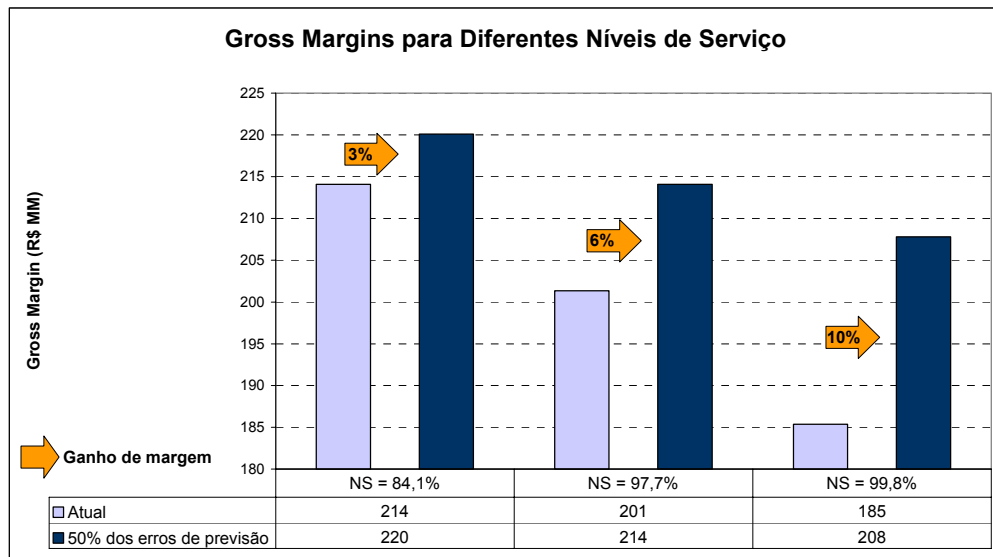


Figura 4.21: Ganhos de margem em cada nível de serviço para uma melhoria de 50% no processo de previsão de demanda

Estes resultados foram obtidos através de simulação. O modelo foi rodado para um cenário no qual os erros de previsão e, conseqüentemente, os estoques de segurança a serem mantidos seriam 50% menores do que os atuais.

Portanto, os testes realizados comprovam a importância deste trabalho, ou seja, mostram que a estratégia de produção atual, utilizada há alguns anos, pode não ser a mais vantajosa economicamente para a empresa e que a mesma pode variar de acordo com pequenas variações da demanda, evidenciando a necessidade de revisão periódica das capacidades a serem utilizadas ao longo do horizonte de planejamento. Além disso, percebe-se claramente a importância de melhorias de desempenho da previsão de demanda para aumento da lucratividade da empresa.

4.5. Implementação dos modelos

Para facilitar a sua implementação, os modelos propostos foram desenvolvidos em MS Excel™ que, por ser uma interface conhecida pela empresa, possui maior chance de aceitação pelos usuários.

É importante destacar que os modelos propostos são modelos de apoio à decisão, ou seja, devem sugerir uma primeira solução viável para elaboração dos planos de produção de nível tático (S&OP) e operacional (MPS). Devido à complexidade destes processos, não se espera que as soluções apresentadas pelos modelos sejam implementadas sem a análise prévia e ajustes necessários dos profissionais da área de Planejamento Logístico da Kibon. Por outro lado, a utilização sistemática de modelos racionais de decisão deve contribuir para formalização e melhoria dos procedimentos gerenciais correspondentes.

Embora as variáveis consideradas sejam exatamente as mesmas que devem ser definidas pelos processos correspondentes do Planejamento Logístico, tais modelos não têm a pretensão de proporcionar uma solução definitiva ao problema, já que, como é inerente aos modelos de apoio à decisão, uma série de premissas simplificadoras foram adotadas. Assim sendo, a implementação dos modelos não visa à substituição do papel dos gestores dos processos, mas sim, ser uma ferramenta de apoio, servindo como uma sugestão inicial a ser ajustada a partir de restrições reais existentes ainda não consideradas e formalizada para servir de entrada para a etapa subsequente da hierarquia de planejamento.

Portanto, apenas a simples utilização direta dos modelos propostos não será suficiente para melhorar a gestão de estoques da empresa, objetivo deste trabalho. Assim, este trabalho também sugere algumas modificações nos processos da hierarquia de planejamento da Kibon, conforme mostra a Figura 4.22.

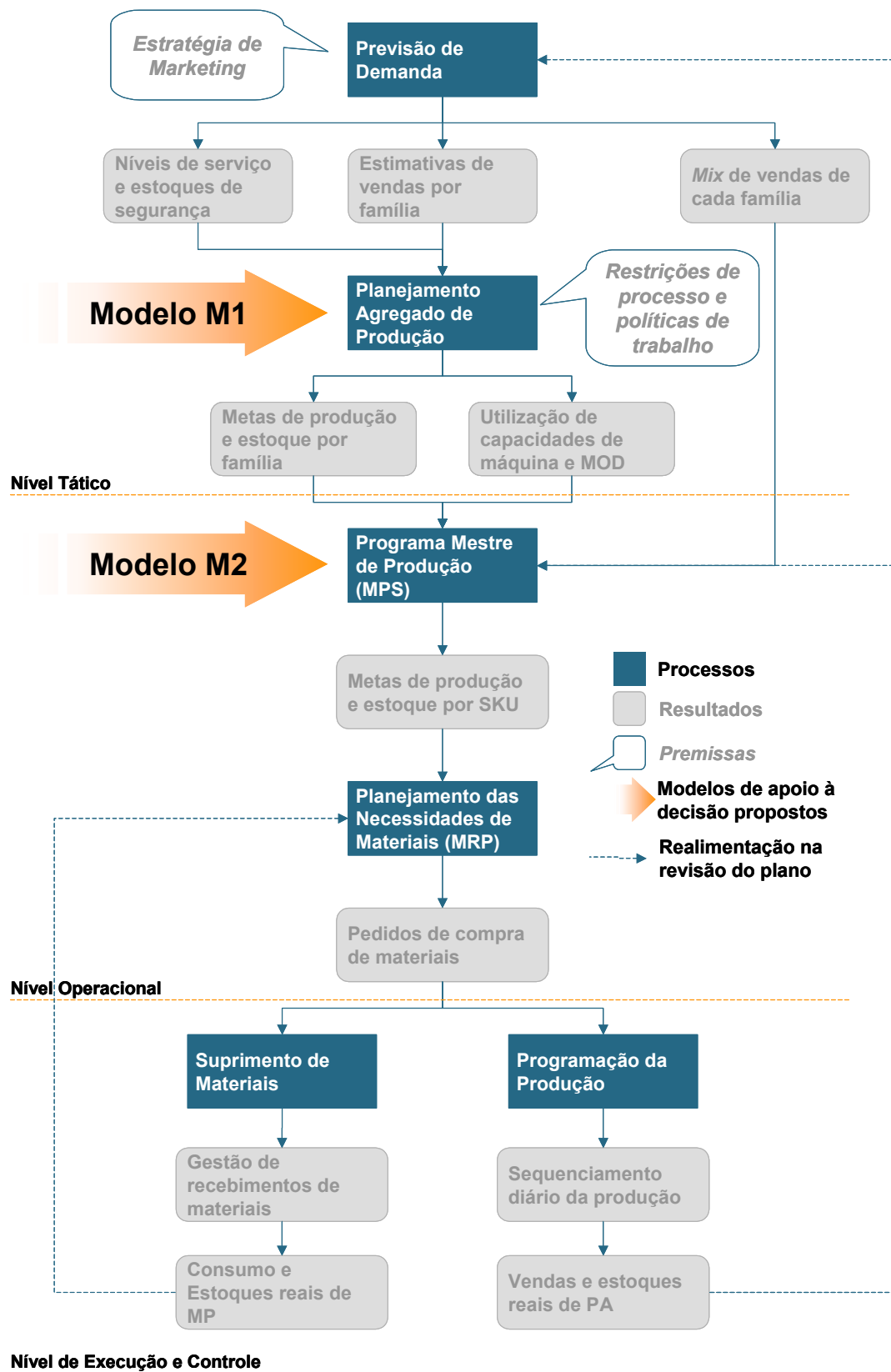


Figura 4.22: Proposta de hierarquia de planejamento da Kibon

A seguir, cada processo da hierarquia proposta foi descrito, enfatizando as modificações necessárias para sucesso da implementação dos modelos desenvolvidos.

4.5.1. Previsão de demanda

Em conformidade com as iniciativas em andamento na empresa, a mudança mais significativa do processo de previsão de demanda será a quantificação de sua variabilidade através de modelos de previsão e definição de níveis de serviço por família, através dos quais serão dimensionados os seus estoques de segurança.

Tabela 4.6: Modificações no processo de previsão de demanda

Processo: Previsão de Demanda		
	Atual	Proposta
Função	Definição de estimativas de vendas por SKU	- Previsão de demanda, definição da estimativa de vendas, níveis de serviço e estoques de segurança por família - Definição do mix de vendas de cada família
Horizonte de planejamento	12 meses	12 meses
Revisão	Mensal	Mensal

Esta mudança é bastante significativa não só por flexibilizar a política de estoques da empresa, hoje pré-definida como sendo a manutenção de uma cobertura de 21 dias de estoque, mas também por exigir uma postura mais ativa do Planejamento Logístico, que será responsável pelo desenvolvimento do modelo de previsão (*baseline forecast*). Como foi apresentado anteriormente, já existem algumas iniciativas de desenvolvimento de modelos de previsão próprios da empresa, que estão em fase de implementação. Além de coerente com o planejamento agregado de produção, a previsão de demanda por família é adequada por usualmente proporcionar menores erros de previsão.

Através do cálculo do erro padrão da previsão em relação às vendas reais, é possível calcular o estoque de segurança necessário para a obtenção do nível de serviço desejado, como foi mostrado anteriormente.

O nível de serviço a ser aplicado deverá ser definido e formalizado em comum acordo entre o Planejamento, o *Marketing* e o *Trade Marketing*, áreas responsáveis pela definição das estimativas de vendas.

A consideração e formalização da variabilidade da demanda já neste processo torna todo o planejamento de produção mais estável, pois os estoques de segurança funcionarão com uma proteção contra eventuais faltas causadas por picos inesperados de vendas, eliminando a necessidade de revisão semanal das estimativas e, conseqüentemente, das programações de produção.

4.5.2. Planejamento agregado e MPS

Os modelos propostos neste trabalho aplicam-se aos processos de planejamento agregado e MPS.

A inserção de um processo formal de planejamento agregado, com utilização de capacidades variáveis ao longo do horizonte de planejamento definidas através de um balanceamento dos custos de produção e estoques é a principal modificação proposta nesta nova hierarquia de planejamento.

Esta modificação, conseqüentemente, trará também alterações nos processos subsequentes, especialmente no MPS, que será simplificado e também terá um novo modelo de apoio à decisão.

Tabela 4.7: Modificações nos processos de planejamento de produção

Processo: Planejamento Agregado		
	Atual	Proposta
Função	Não há planejamento agregado (capacidades pré-definidas)	Definição de volumes de produção e subcontratação, dimensionamento de metas de estoques por família e capacidades de linha de produção a serem utilizadas em cada período (mês) através de M1
Horizonte de planejamento	–	12 meses
Revisão	–	Mensal
Processo: MPS		
	Atual	Proposta
Função	Definição de volumes de produção e subcontratação, dimensionamento de metas de estoques por SKU	Desagregação das metas de produção, subcontratação e estoque das famílias em SKUs
Horizonte de planejamento	12 meses	3 meses
Revisão	Mensal	Mensal

Como já mostrado, a realização de um planejamento agregado é importante para a Kibon não só definir metas de produção e estoque (que hoje já são definidos pelo MPS atual), mas também para flexibilizar a utilização da capacidade produtiva, otimizando a utilização de seus recursos através do dimensionamento dos turnos de trabalho e mão-de-obra a cada mês.

Com esta flexibilização, o número de variáveis a serem definidas é muito maior e, conseqüentemente, o seu modelo de apoio à decisão se torna mais complexo do que o atual, com tempos de processamento computacional muito elevados, dificultando a manutenção de todas as decisões em uma só etapa da hierarquia de planejamento (MPS). A prática de agregação no modelo de planejamento agregado (M1) é mais

apropriada por reduzir drasticamente o número de variáveis a serem consideradas em um mesmo modelo de apoio à decisão e melhorar a previsão de demanda, uso dos recursos etc.

No entanto, é importante ressaltar que os resultados de M1 não são aplicados diretamente em M2. O modelo de planejamento agregado é apenas uma ferramenta de apoio à decisão, com a função de fornecer uma primeira solução viável ao problema, auxiliando na definição dos níveis de produção e estoque mensais e da política de gestão da capacidade de produção. Embora represente o ponto ótimo do modelo, é possível que tal solução não seja a mais adequada na realidade pela existência de fatores específicos do horizonte de planejamento em questão não refletidas no modelo geral. Cabe ao gestor deste processo a revisão destas variáveis e formalização dos valores que devem alimentar o processo seguinte, o MPS.

A implementação de um processo de planejamento agregado formal simplifica o próprio MPS, que terá seu horizonte de planejamento reduzido, já que todas as variáveis que são impactadas pela sazonalidade já foram consideradas na etapa anterior, cujo horizonte engloba todo o seu ciclo de sazonalidade (12 meses). Além disso, como as metas de produção, subcontratação e estoque já são definidas anteriormente, o seu modelo de apoio à decisão (M2) se torna bem mais simples e direto, tendo apenas que desagregar estes volumes. Esta simplificação é importante para que o processo de planejamento não se torne muito trabalhoso e, com isto, não represente um gargalo para toda a cadeia de suprimentos.

Analogamente, não se devem considerar os resultados do M2 como sendo definitivos, pois o mesmo não engloba todas as particularidades existentes no processo produtivo, como, por exemplo, lotes mínimos e múltiplos, que podem alterar os resultados finais do processo. Além disso, é importante que o MPS considere ações de vendas e marketing específicas de cada período que podem alterar a desagregação porposta por M2, que distribui as coberturas de estoque de maneira uniforme entre os períodos do horizonte de planejamento. Mais uma vez, caberá ao gestor do processo a revisão da solução do modelo e formalização dos volumes a serem produzidos para alimentação dos processos seguintes.

O M2 deve ter um horizonte mínimo de 3 meses. Este limite mínimo ocorre devido principalmente ao processo seguinte, o MRP, já que os *lead times* máximos praticados pelos fornecedores da Kibon é de 3 meses para casos extremos, como, por exemplo, itens importados.

É importante perceber que, embora apenas os valores definidos para 3 primeiros meses do horizonte de planejamento sejam efetivamente considerados pelos níveis subsequentes da hierarquia de planejamento proposta, é fundamental que ambos os processos sejam revisados mensalmente. Como a demanda está sempre sujeita a uma variabilidade, é impossível que as previsões utilizadas para o horizonte de 12 meses seja 100% correta, alterando os estoques iniciais dos períodos e, com isto, as metas e usos de capacidades definidas anteriormente.

4.5.3. Administração de materiais e programação da produção

A modificação do papel da programação de produção será muito importante para reduzir o “nervosismo” atual do planejamento da Kibon.

Tabela 4.8: Modificações nos processos de Administração de Materiais e Programação de Produção

Processo: MRP/Suprimentos		
	Atual	Proposta
Função	Fornecimento de matérias-primas para produção segundo estabelecido pelo MPS utilizando a lógica do MRP; realização de novas aquisições de acordo com as mudanças na programação de produção	Fornecimento de matérias-primas para produção segundo estabelecido pelo MPS utilizando a lógica do MRP
Horizonte de planejamento	12 meses	3 meses
Revisão	Mensal	Mensal

Processo: Programação de produção		
	Atual	Proposta
Função	Definição de volumes de produção semanais de acordo com os estoques atuais, revisões das estimativas e disponibilidade de materiais	Sequenciamento de produção dos volumes definidos pelo MPS
Horizonte de planejamento	2 semanas	4-5 semanas
Revisão	Semanal	Semanal

Como a variabilidade da demanda passará a ser considerada durante o Planejamento Agregado (M1), as revisões do S&OP semanais deixarão de parecer necessárias e, portanto, não caberá mais à programação de produção o ajuste dos volumes de estoque e produção.

Assim, o descasamento que hoje existe entre o MPS, o MRP e a programação de produção tenderá a diminuir, dando maior controle e estabilidade ao processo.

A própria programação semanal de produção se tornará muito mais simples, já que exigirá simplesmente o sequenciamento dos volumes de produção definidos pelo processo de planejamento agregado e MPS. Além de não ser mais necessária a verificação do desempenho das vendas durante o mês corrente (uma vez que os volumes de produção do mês não serão alterados por este processo), a programação semanal de produção também não terá ênfase tão forte na verificação da disponibilidade de materiais como ocorre atualmente, já que os mesmos terão sido adquiridos segundo o MRP (vinculados, por sua vez, ao MPS) e serão uma restrição à programação apenas em casos emergenciais.

Com estas modificações, o MRP e o suprimento de materiais também serão simplificados. O MRP será rodado para apenas 3 meses, reduzindo o seu tempo de processamento.

O suprimento de materiais, por sua vez, seguirá apenas o estipulado pelo MRP, já que modificações drásticas do planejamento e programação de produção ao longo do

mês passarão a ocorrer com frequência muito menor, apenas em situações emergenciais.

Esta simplificação do Abastecimento de Materiais será fundamental para que haja uma mudança radical do foco de seus esforços, que atualmente concentram-se predominantemente no curtíssimo prazo, tentando se ajustar às constantes mudanças da programação. Com mais tempo livre, haverá mais recursos para ações de médio-longo prazo, como a gestão do desempenho dos fornecedores e maior participação em sua seleção, hoje totalmente a cargo do setor de Compras, que também não realiza este tipo de acompanhamento. Além disso, será viável uma maior interação com os processos de inovação (lançamentos e retiradas de linha), evitando o acúmulo de itens obsoletos em estoque.

5. CONCLUSÃO

5.1. Síntese do trabalho

O trabalho apresentado teve seu foco na redução de estoques de uma empresa do setor alimentício com demanda fortemente sazonal. Ao longo do trabalho, percebeu-se que a melhor gestão de estoques dependia de uma melhoria de previsão de demanda (fora do escopo) e do próprio processo de planejamento da produção (foco do trabalho). A melhoria dos processos de planejamento de produção da empresa envolveu dois aspectos principais: a política de utilização da capacidade produtiva e a forma com que o planejamento de produção da empresa lida com a variabilidade da demanda, ambas com alto impacto sobre os níveis de estoque da empresa.

Atualmente, a empresa lida com sua sazonalidade trabalhando com dois patamares fixos de capacidade, regulados através do uso de horas extras e contratação de funcionários temporários em períodos pré-determinados. Este trabalho evidencia que esta pode não ser a estratégia de produção mais rentável para a empresa e mostra a importância da flexibilização do uso da capacidade produtiva para a gestão de estoques da Kibon.

Em relação à variabilidade da demanda, atualmente a empresa tem realizado revisões constantes na programação semanal de produção como uma tentativa de correção de erros de previsão de demanda. Esta visão de curtíssimo prazo, além de gerar um nervosismo excessivo nos processos de produção, causa um descasamento entre a produção real, o plano de produção e a administração de materiais, impactando tanto a pré-estocagem planejada quanto os níveis de estoques de matérias-primas.

Para auxiliar a resolução dos problemas identificados, foram desenvolvidos dois modelos de apoio à decisão. O primeiro deles ajuda na definição das metas de produção, estoques e administração da capacidade das linhas, já considerando neste nível da hierarquia de planejamento a variabilidade da demanda.

Este modelo baseia-se em programação linear e demanda uma grande quantidade de parâmetros, cujo levantamento junto à empresa também fez parte do desenvolvimento deste trabalho.

O segundo, por sua vez, propõe uma desagregação das metas de produção e estoque entre os produtos de cada família de produtos, servindo de suporte ao processo de programação da produção (MPS) que, por sua vez, alimenta o MRP.

A partir da efetiva utilização destes modelos, corrigindo os descasamentos dos processos atuais, espera-se que ocorra uma redução global dos estoques tanto de matérias-primas quanto de produto acabado, sem prejuízos ao atendimento da demandas.

Ambos os modelos foram implementados utilizando o software What's Best™ e o MS Excel™, por apresentar uma interface amigável e conhecida na empresa, aumentando as chances de sucesso na implementação dos mesmos na empresa.

5.2. Análise crítica

Embora os modelos desenvolvidos ainda não tenham sido ainda incorporados nos processos de planejamento de produção da empresa, este trabalho fomentou, dentro da empresa, uma discussão a respeito da necessidade de mudanças estruturais na hierarquia de planejamento da empresa, orientadas para a maior integração dos processos de planejamento, tanto na sua dimensão temporal (níveis estratégico, tático e operacional) quanto do fluxo de materiais (compras, produção e vendas).

O desenvolvimento de modelos de apoio à decisão para os processos de planejamento agregado de produção e MPS e os resultados de seus testes foram importantes para alertar a empresa sobre a necessidade de revisão de sua estratégia de gestão da capacidade de produção atual.

Além disso, os resultados obtidos mostraram quantitativamente o potencial impacto da melhoria do processo de previsão de demanda, reforçando a importância desta iniciativa por parte da empresa.

Os resultados dos testes realizados serviram principalmente incentivar a discussão de alguns paradigmas existentes atualmente na empresa em relação à gestão de estoques e estratégia de produção.

O principal deles diz respeito ao uso de horas extras. Atualmente, a empresa somente utiliza horas extras no período entre setembro e fevereiro. No entanto, os testes realizados sugerem que, para o atendimento da demanda atual, somente a utilização de horas extras ao longo de todo o horizonte de planejamento garante que as pré-estocagens necessárias possam ser realizadas, sem que sejam necessárias medidas emergenciais, como, por exemplo, a produção em domingos e feriados, que desrespeitam a política de gestão de pessoas da empresa.

Além disso, o modelo mostra que, em períodos de baixa demanda, ao contrário do que é hoje consenso na empresa, é possível que seja mais vantajosa a manutenção de linhas ociosas, mesmo que isto implique em utilização de mais horas extras em períodos de pico, já que isto impede que haja acúmulo de estoques por vários períodos, cujos custos são bastante elevados.

Outro paradigma a ser quebrado envolve a aceitação por parte da empresa de faltas e excessos de produtos, sem que a cadeia de suprimentos tente se ajustar constantemente às oscilações da demanda. Como os níveis de serviço são acordados já no nível mais alto da hierarquia de planejamento (S&OP), os excessos de estoque serão compensados pela menor produção planejada na próxima revisão do plano e a maior parte das faltas será evitada pela manutenção de estoques de segurança, embora ainda possam ocorrer.

De forma geral, os modelos propostos viabilizaram uma visão mais sistêmica das atividades da área e de seus custos associados que não é tão intuitiva e evidenciou a necessidade de maior flexibilização e balanceamento de custos de produção para a obtenção de um melhor resultado global.

5.3. Desdobramentos

É importante deixar claro que os modelos propostos não são, por si só, a solução para os problemas encontrados no planejamento de produção da Kibon. Não se pretende automatizar os processos, mas sim, apoiar suas decisões.

Os modelos desenvolvidos são apenas modelos de apoio à decisão, ou seja, servem de suporte aos processos da hierarquia de planejamento da produção, que devem ocorrer independentes da existência ou não de modelos matemáticos.

Assim sendo, para que a aplicação dos modelos efetivamente alcance os resultados esperados, é fundamental que haja também algumas mudanças em seus processos e premissas, especialmente do Planejamento Logístico.

Primeiramente, é necessário que a equipe de planejamento como um todo trabalhe com metas comuns, ou seja, tenham seu foco na maximização da margem gerada, e não na minimização de componentes isolados dos custos de produção, como por exemplo os custos de materiais ou estoques.

Além disso, é importante que a hierarquia de planejamento seja sempre respeitada, eliminando os descasamentos hoje existentes entre o MPS, o MRP e a programação semanal de produção e também entre as áreas de vendas, produção e compras.

Sugere-se que os modelos sejam implementados nos mesmos moldes em que foram realizados seus testes iniciais. Para redução de riscos, seria mais apropriado adotar uma Mini-Fábrica piloto, na qual fossem realizados testes em paralelo com os métodos atualmente utilizados para a tomada de decisão. Assim, os modelos passariam a ser utilizados isoladamente apenas após a comprovação de sua eficácia por seus usuários.

Depois de implementados em todas as Mini-Fábricas da fábrica São Paulo, o próximo desdobramento deste projeto seria a evolução dos modelos de forma que integrem as duas fábricas da Kibon, tornando a formulação da estratégia de produção ainda mais integrada e eficaz.

Além disso, o uso constante de horas extras sugerido pelos testes realizados sugere que talvez seja o momento de estudar a viabilidade econômica de expansão da fábrica, que demandaria o desenvolvimento de um outro projeto com este foco específico.

5.4. Considerações finais

Por fim, é importante registrar que este trabalho proporcionou à autora um grande aprendizado, já que representou uma excelente oportunidade de aplicação prática dos conceitos da Engenharia de Produção em um ambiente real de uma cadeia de suprimentos de grande porte.

Com isto, os principais objetivos deste Trabalho de Formatura foram alcançados. Por um lado, houve uma contribuição efetiva da autora para a empresa estudada e, por outro, a união dos conceitos acadêmicos com a experiência prática foi conseguida.

ANEXO A

LEVANTAMENTO DOS DADOS

Demanda

Como o desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda não é o foco deste trabalho, as vendas reais do horizonte de planejamento escolhido serão utilizadas como a demanda do período.

Tabela A.1: Vendas reais das famílias selecionadas (em Litons)

Família	F1	F2	F3	F4
Jan	6,192	495	292	261
Feb	4,112	596	328	239
Mar	5,528	687	368	265
Apr	1,208	138	70	87
May	2,147	251	109	111
Jun	1,967	221	93	95
Jul	2,354	267	145	76
Aug	3,109	336	132	98
Sep	5,331	443	273	94
Oct	5,491	635	377	152
Nov	5,756	752	428	165
Dec	7,779	971	556	189
Jan	5,752	466	326	208

Para o dimensionamento dos estoques de segurança, aplicou-se o cálculo do erro padrão médio medido entre a previsão de demanda realizada pela própria empresa e as vendas reais do período analisado, através da fórmula abaixo, que foi citada por BALLOU (2001) e já foi apresentada na revisão bibliográfica.

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (A_t - F_t)^2}{N-1}} \quad (5)$$

Onde:

- S_F = Erro padrão da previsão
- A_t = Demanda real do período t
- F_t = Previsão para o período t
- N = Número de períodos de previsão t

Esta fórmula teve que ser modificada para a adaptação à sazonalidade presente no perfil de demanda da Kibon. Ao invés de realizar o cálculo do erro padrão absoluto, calculou-se o desvio percentual de cada período, eliminando as distorções que seriam provocadas pela grande diferença absoluta de volume entre os meses de verão e inverno.

Como este não é o foco principal do trabalho e um modelo de previsão de demanda mais sofisticado já está sendo desenvolvido internamente pela empresa, as próprias estimativas geradas pelos processos atuais da empresa foram utilizadas para alimentação dos cálculos dos erros padrão.

Com isso, os erros padrão percentuais de cada família encontram-se na tabela abaixo.

Tabela A.2: Erros padrões por família ocorridos no período analisado

Erro quadrático	F1	F2	F3	F4
Jan	0.4%	12.1%	5.2%	7.1%
Feb	7.9%	6.1%	0.8%	0.5%
Mar	0.3%	0.3%	1.8%	2.5%
Apr	22.7%	16.2%	6.2%	0.4%
May	7.1%	6.1%	22.9%	1.3%
Jun	6.9%	1.5%	0.1%	1.5%
Jul	0.1%	0.5%	27.8%	13.4%
Aug	0.1%	0.4%	4.2%	12.1%
Sep	43.0%	0.2%	5.8%	19.2%
Oct	0.6%	0.9%	0.4%	2.8%
Nov	0.6%	0.4%	0.9%	2.4%
Dec	0.3%	0.2%	1.4%	2.8%
Erro padrão	28.6%	20.2%	26.5%	24.5%

Os erros padrão calculados foram utilizados para o cálculo de estoques de segurança para níveis de serviço distintos, que serão utilizados para a análise de sensibilidade dos modelos de apoio à decisão. Considerou-se que os erros padrão da previsão de demanda apresentam uma distribuição normal.

$$ES_{NS} = A_t \cdot z_{NS} \cdot S_F \quad (16)$$

Onde:

ES_{NS} = Estoque de segurança necessário para obtenção do nível de serviço NS

A_t = Demanda real do período t

z = Número de erros padrões necessários para a obtenção de NS

S_F = Erro padrão da previsão (percentual)

A aplicação desta fórmula resultou nos seguintes estoques de segurança apresentados na tabela A.3:

Tabela A.3: Estoques de segurança para diferentes níveis de serviço

Nível de serviço = 84,1% (1 sigma)				
Estoque de Segurança	F1	F2	F3	F4
Jan	1,773	100	77	64
Feb	1,178	121	87	59
Mar	1,583	139	98	65
Apr	346	28	19	21
May	615	51	29	27
Jun	563	45	25	23
Jul	674	54	39	19
Aug	890	68	35	24
Sep	1,527	89	73	23
Oct	1,573	128	100	37
Nov	1,648	152	114	41
Dec	2,227	196	148	46

Nível de serviço = 97,7% (2 sigma)				
Estoque de Segurança	F1	F2	F3	F4
Jan	3,546	200	155	128
Feb	2,355	241	174	117
Mar	3,166	278	195	130
Apr	692	56	37	43
May	1,230	101	58	55
Jun	1,127	89	49	47
Jul	1,348	108	77	37
Aug	1,781	136	70	48
Sep	3,053	179	145	46
Oct	3,145	257	200	74
Nov	3,296	304	228	81
Dec	4,455	393	295	92

Nível de serviço = 99,8% (3 sigma)

Código	F1	F2	F3	F4
Jan	5,320	300	232	192
Feb	3,533	362	262	176
Mar	4,749	417	293	195
Apr	1,038	84	56	64
May	1,845	152	87	82
Jun	1,690	134	74	70
Jul	2,022	162	116	56
Aug	2,671	204	105	72
Sep	4,580	268	218	69
Oct	4,718	385	300	111
Nov	4,945	456	341	122
Dec	6,682	589	443	139

Para o teste do modelo de apoio à decisão do Plano Mestre de Produção (M2), serão necessários dados sobre a distribuição das vendas das famílias entre os seus produtos. Por isto, a distribuição das vendas reais dos últimos 12 meses de cada família entre seus respectivos produtos foi levantada. A distribuição média deste período foi aplicada ao teste realizado.

Tabela A.4: Exemplo – Composição histórica das vendas da F1

Produto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Janeiro	23.0%	29.4%	11.2%	9.9%	22.2%	4.4%	0.0%
Fevereiro	22.5%	28.9%	12.2%	11.0%	21.1%	4.3%	0.0%
Março	22.8%	28.6%	12.1%	10.9%	21.4%	4.2%	0.0%
Abril	22.9%	28.6%	11.8%	10.4%	21.3%	4.1%	0.8%
Mai	22.9%	28.6%	11.8%	10.4%	21.3%	4.1%	0.8%
Junho	22.9%	28.6%	11.8%	10.4%	21.3%	4.1%	0.8%
Julho	22.9%	28.6%	11.8%	10.4%	21.3%	4.1%	0.8%
Agosto	23.5%	26.4%	12.6%	9.1%	18.9%	4.4%	5.0%
Setembro	22.2%	27.3%	11.5%	10.1%	20.3%	4.7%	4.0%
Outubro	22.6%	28.7%	11.5%	10.2%	22.0%	3.8%	1.2%
Novembro	23.5%	28.8%	11.6%	10.7%	21.6%	3.5%	0.3%
Dezembro	23.2%	28.9%	11.9%	10.7%	21.1%	4.2%	0.0%
MÉDIA	22.9%	28.4%	11.8%	10.4%	21.1%	4.2%	1.2%

Receitas

As receitas foram um fator determinante para a agregação dos SKUs em quatro famílias. Como esta Mini-Fábrica é responsável pela fabricação de produtos de diferentes níveis de valor agregado, há, conseqüentemente, faixas distintas de receitas geradas.

Tabela A.5: Receitas unitárias das famílias selecionadas

RECEITAS [R\$/Liton]	
Famílias (i)	Receita unitária
F1	4,138
F2	5,517
F3	7,663
F4	6,207

Custos de materiais

Para a formação das famílias, também foram consideradas as similaridades existentes entre os SKUs em termos de formulação e embalagem, ou seja, em relação às matérias-primas consumidas para sua produção.

Assim sendo, os custos de materiais de cada família foram definidos através dos custos de matérias-primas para produção do seu principal SKU (em termos de volume de receitas geradas).

Tabela A.6: Custos de materiais

CUSTOS DE MATERIAIS [R\$/Liton]	
Famílias (i)	Materiais
F1	726
F2	969
F3	1,345
F4	1,090

Estoques

Os custos de estoque considerados envolvem dois fatores distintos:

- **Custos de armazenagem:** custo por *pallet* estocado no armazém central da Kibon São Paulo, cuja armazenagem é mantida por um operador logístico terceirizado. Este custo foi convertido em Litons para adequação ao modelo.

- **Custos de capital empatado:** aplicação do custo de capital da Kibon sobre o capital investido para produção de cada Liton em estoque.

Assim, a soma destes dois fatores levou aos custos de estoques por família mostrados na tabela a seguir:

Tabela A.7: Custos de estoques

CUSTOS DE ESTOQUE [R\$/Liton/Mês]	
Famílias (i)	Estoque
F1	399
F2	532
F3	739
F4	599

Subcontratação

Atualmente, a Kibon possui uma empresa fabricante de sorvete que trabalha como sua parceira para a produção de alguns SKUs em períodos de pico, complementando a capacidade produtiva da Kibon.

A existência desta parceira impactou a escolha desta Mini-Fábrica para os testes, já que a mesma envolve a produção de SKUs comuns a ambas, permitindo que este fator fosse testado com dados reais. Isto é relevante, já que atualmente nem todos os produtos podem ter sua produção subcontratada.

Por restrições tecnológicas e de confidencialidade de formulação, apenas a família F1 pode ser subcontratada e os custos envolvidos nesta subcontratação foram de R\$ 267,00 por Liton produzido no horizonte de planejamento analisado.

Como se trata de uma fábrica de menor porte e também possui uma linha de produtos própria, este parceiro possui uma capacidade produtiva limitada no período em 500 Litons por mês.

Capacidade de máquina e custos de produção

Todos os dados relacionados à capacidade de máquina foram levantados em turnos, já que esta é a unidade de tempo mínima utilizada para a programação da fábrica. Cada dia de funcionamento da fábrica equivale a 3 turnos completos de oito horas aproximadamente.

Assim sendo, a capacidade máxima normal disponível foi determinada considerando os dias úteis (segunda a sexta) de cada mês do período considerado pelos testes. A capacidade extra, por sua vez, considerou apenas os sábados (3 turnos adicionais por sábado).

Com isto, a capacidade de máquina disponível, em turnos, encontra-se na tabela a seguir:

Tabela A.8: Capacidade limite de produção da Mini-Fábrica selecionada

CAPACIDADE (Turnos)		
Períodos (t)	Capacidade normal (c)	Capacidade extra (cex)
0	63	12
1	66	12
2	60	12
3	60	15
4	60	12
5	63	15
6	57	12
7	69	12
8	63	15
9	66	12
10	69	12
11	60	12
12	63	12
13	63	15

O consumo de capacidade de máquina também foi um diferencial importante entre os SKUs para a formação das 4 famílias a serem testadas.

Tabela A.9: Tempo de produção consumidas por família

CONSUMO DE CAPACIDADE (Turnos/Liton) - Linhas 1 e 2			
Família (i)	Consumo (a)	Rendimento (y)	Consumo Real
F1	0.03	75%	0.02
F2	0.03	85%	0.03
F3	0.05	85%	0.05
F4	0.05	75%	0.04

A utilização desta capacidade de produção implica em dois tipos de custos: variáveis e fixos. Os custos de produção (internamente chamados de custos de conversão) variáveis representam principalmente gastos com energia e outras utilidades.

É importante ressaltar que outros custos, tais como custos associados à preparação da mistura, depreciação das linhas, administração dos almoxarifados para alimentação da linha e mão-de-obra indireta (coordenadores de fábrica, almoxarifado, etc) não são considerados pelo modelo por serem custos fixos que ocorrerão independentemente do funcionamento das linhas de produção, não podendo ser evitados pela interrupção de funcionamento das linhas.

Tabela A.10: Custos de produção das linhas selecionadas

CUSTOS DE PRODUÇÃO [R\$/Turno]	
Linhas (j)	VARIÁVEL [R\$/Turno]
L1	375
L2	375

Mão-de-obra

Independente das famílias a serem produzidas, cada linha de produção possui um número de funcionários fixo necessário para produzir.

Tabela A.11: Mão-de-obra consumidas por linha de produção

MOD (FTE/Linha/Turno)	
Linha (j)	MOD (b)
L1	9
L2	9

Como a utilização de mão-de-obra é fixa em cada linha de produção, é importante destacar que o incremento ou diminuição de capacidade produtiva da Kibon é realizado através da contratação ou demissão de funcionários, que permitirão o funcionamento simultâneo de mais ou menos linhas produtivas.

Os funcionários contratados trabalham em equipe, em uma mesma linha e em um dos três turnos diários (manhã, tarde ou noite), de segunda a sexta-feira. Em períodos com menor atividade de produção, a jornada pode ser reduzida para quatro ou menos dias, mantendo sempre os três turnos, devido às restrições de *setup* da linha. Mesmo que a jornada de trabalho semanal seja inferior aos cinco dias úteis, os funcionários são remunerados com um salário fixo.

Em períodos de pico de demanda, a jornada de trabalho de cada equipe pode ser estendida até sábado, sendo as horas trabalhadas aos sábados múltiplos de oito (turnos) e remuneradas como horas extras de trabalho, conforme legislação vigente.

As utilizações desta mão-de-obra em turnos normais e extras possuem, obviamente custos distintos.

Assim, a mão-de-obra direta implicará em quatro tipos de custos, como mostra a tabela a seguir :

Tabela A.12: Custos de mão-de-obra

CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA				
Linhas (j)	MOD Normal [R\$/Mês/FTE]	MOD Extra [R\$/Turno/FTE]	Contratação [R\$/FTE]	Demissão [R\$/FTE]
L1	916	73	916	1,833
L2	916	73	916	1,833

ANEXO B

RESULTADOS DOS TESTES

Estoques de segurança nulos (NS = 50%)

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Periodo (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	30,655,369	32,208,186	1,552,817	1,354,308	132,846	0	49,484	16,178
2	19,635,478	24,306,178	4,670,700	4,367,732	188,052	0	62,480	52,436
3	25,748,188	31,130,306	5,382,119	4,759,834	0	496,938	69,111	56,236
4	5,551,430	6,841,084	1,289,654	1,201,039	0	0	74,226	14,389
5	9,675,027	11,797,607	2,122,581	2,071,220	0	0	26,649	24,712
6	8,740,817	10,661,271	1,920,454	1,871,721	0	0	26,408	22,325
7	10,358,669	12,798,343	2,439,673	2,334,949	48,372	0	28,392	27,960
8	9,682,540	16,333,184	6,650,644	4,730,041	1,271,326	496,938	93,854	58,485
9	20,095,099	27,179,641	7,084,542	4,914,554	1,549,379	496,938	65,186	58,485
10	22,593,114	30,055,399	7,462,285	5,156,475	1,682,951	496,938	65,186	60,735
11	25,758,264	32,278,350	6,520,086	4,604,931	1,299,045	496,938	65,186	53,987
12	37,543,364	42,979,896	5,436,532	4,818,172	0	496,938	65,186	56,236
TOTAL	226,037,357	278,569,443	52,532,086	42,184,977	6,171,972	2,981,625	691,348	502,164

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (i)	Periodo (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	1,864	0	0	1,864	6,192	1,864	0	0	4,328
F1	2	3,254	858	0	4,112	4,112	4,112	0	0	0
F1	3	3,732	1,296	500	5,528	5,528	5,528	0	0	0
F1	4	1,208	0	0	1,208	1,208	1,208	0	0	0
F1	5	2,021	126	0	2,147	2,147	2,147	0	0	0
F1	6	1,857	110	0	1,967	1,967	1,967	0	0	0
F1	7	2,354	0	0	2,354	2,354	2,354	0	0	0
F1	8	1,961	648	500	3,109	3,109	3,109	0	0	0
F1	9	4,396	1,037	500	5,933	5,331	5,331	601	0	601
F1	10	5,214	1,037	500	6,751	5,491	5,491	1,260	0	1,861
F1	11	5,184	152	500	5,836	5,756	5,756	80	0	1,941
F1	12	4,301	1,037	500	5,837	7,779	5,837	0	0	0
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	548
F2	2	543	0	0	543	596	543	0	0	53
F2	3	687	0	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	138	0	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	221	0	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	0	336	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	443	0	0	443	443	443	0	0	0
F2	10	635	0	0	635	635	635	0	0	0
F2	11	0	752	0	752	752	752	0	0	0
F2	12	971	0	0	971	971	971	0	0	0
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	319
F3	2	341	0	0	341	328	328	12	0	28
F3	3	328	0	0	328	368	328	0	0	40
F3	4	70	0	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	109	0	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	93	0	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	145	0	0	145	145	145	0	0	0
F3	8	1,237	129	0	1,366	132	132	1,234	0	1,234
F3	9	401	0	0	401	273	0	401	0	1,362
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	0	985
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	0	556
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	0	0
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	0	401
F4	2	363	0	0	363	239	239	125	0	140
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	0	265
F4	4	87	0	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	111	0	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	95	0	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	17	141	0	157	76	76	81	0	81
F4	8	616	0	0	616	98	98	519	0	600
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	0	506
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	0	354
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	0	189
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	0	0

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	0	0	0	43	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	38	60	1
5	0	0	0	63	63	1
6	0	0	0	57	57	1
7	0	0	0	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra			Linha 2 - Extra			
1	0	0	0	0	0	0
2	8	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	3	15	1
6	0	0	0	3	12	1
7	0	0	0	6	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Admissões		Demissões	Final [FTE]	Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]		
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	27	27	27
5	27	0	0	27	27
6	27	0	0	27	27
7	27	0	0	27	27
8	27	27	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Estoque de segurança para NS = 84% (1 sigma)

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	28,468,652	32,208,186	3,739,534	2,754,807	902,351	0	49,484	32,892
2	18,759,414	24,306,178	5,546,764	4,434,609	994,301	0	64,348	53,506
3	24,911,990	31,130,306	6,218,316	4,779,161	816,869	496,938	69,111	56,236
4	6,518,947	6,841,084	322,137	74,068	197,655	0	49,484	930
5	9,134,766	11,797,607	2,662,841	2,276,029	310,187	0	49,484	27,140
6	8,491,051	10,661,271	2,170,220	1,818,247	280,806	0	49,484	21,683
7	7,857,742	12,798,343	4,940,601	3,742,290	1,102,443	0	49,484	46,384
8	8,509,646	16,333,184	7,823,537	4,822,697	2,376,306	496,938	69,111	58,485
9	18,937,183	27,179,641	8,242,458	4,948,718	2,673,131	496,938	65,186	58,485
10	21,462,498	30,055,399	8,592,901	5,160,905	2,809,137	496,938	65,186	60,735
11	24,627,896	32,278,350	7,650,454	4,607,630	2,426,713	496,938	65,186	53,987
12	36,407,884	42,979,896	6,572,013	4,823,214	1,130,439	496,938	65,186	56,236
TOTAL	214,087,669	278,569,443	64,481,775	44,242,376	16,020,338	2,981,625	710,736	526,699

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]									
Família (i)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	3,637	0	0	3,637	6,192	3,637	0	4,328
F1	2	2,592	925	0	3,517	4,112	3,517	0	1,773
F1	3	4,138	1,296	500	5,934	5,528	5,934	0	1,583
F1	4	0	0	0	0	1,208	0	0	346
F1	5	2,387	0	0	2,387	2,147	2,387	0	615
F1	6	1,915	0	0	1,915	1,967	1,915	0	563
F1	7	2,465	0	0	2,465	2,354	2,465	0	674
F1	8	3,292	236	500	4,028	3,109	3,325	703	890
F1	9	5,156	1,037	500	6,693	5,331	5,968	725	1,527
F1	10	5,687	518	500	6,705	5,491	5,537	1,168	1,573
F1	11	5,184	124	500	5,808	5,756	5,808	0	1,648
F1	12	4,249	1,037	500	5,785	7,779	5,785	0	2,227
F2	1	47	0	0	47	495	47	0	100
F2	2	569	48	0	617	596	617	0	121
F2	3	705	0	0	705	687	705	0	139
F2	4	27	0	0	27	138	27	0	28
F2	5	274	0	0	274	251	274	0	51
F2	6	215	0	0	215	221	215	0	45
F2	7	276	0	0	276	267	276	0	54
F2	8	0	350	0	350	336	350	0	68
F2	9	464	0	0	464	443	464	0	89
F2	10	233	441	0	674	635	674	0	128
F2	11	0	776	0	776	752	776	0	152
F2	12	1,015	0	0	1,015	971	1,015	0	196
F3	1	50	0	0	50	292	50	0	77
F3	2	606	0	0	606	328	338	268	87
F3	3	110	0	0	110	368	110	0	98
F3	4	0	0	0	0	70	0	0	27
F3	5	111	0	0	111	109	111	0	29
F3	6	89	0	0	89	93	89	0	25
F3	7	607	0	0	607	145	159	448	39
F3	8	1,097	330	0	1,428	132	0	1,428	35
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	73
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	100
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	114
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	148
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	64
F4	2	428	0	0	428	239	239	189	59
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	65
F4	4	44	0	0	44	87	44	0	21
F4	5	117	0	0	117	111	117	0	27
F4	6	91	0	0	91	95	91	0	23
F4	7	796	0	0	796	76	76	720	19
F4	8	0	0	0	0	98	0	0	24
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	23
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	37
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	41
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	46

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade e utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	22	66	1	66	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	2	60	1
5	63	63	1	9	63	1
6	48	57	1	9	57	1
7	59	69	1	65	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	11	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1
Linha 2 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	11	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

Período (t)	MOD [FTEs - Dias úteis]				Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	54
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	27
5	54	0	0	54	54
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Estoques de segurança para NS = 97% (2 sigma)

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	26,141,418	32,208,186	6,066,768	4,244,063	1,720,624	0	51,461	50,620
2	17,961,709	24,306,178	6,344,468	4,421,234	1,805,226	0	64,446	53,563
3	24,084,301	31,130,306	7,046,006	4,789,982	1,633,739	496,938	69,111	56,236
4	5,817,199	6,841,084	1,023,885	366	974,029	0	49,484	6
5	9,683,146	11,797,607	2,114,461	1,427,570	620,375	0	49,484	17,033
6	8,264,362	10,661,271	2,396,908	1,764,773	561,612	0	49,484	21,040
7	5,158,120	12,798,343	7,640,223	4,861,838	2,185,803	466,661	65,186	60,735
8	7,316,196	16,333,184	9,016,988	4,893,747	3,498,706	496,938	69,111	58,485
9	17,810,971	27,179,641	9,368,670	4,951,179	3,796,882	496,938	65,186	58,485
10	20,331,883	30,055,399	9,723,516	5,165,335	3,935,323	496,938	65,186	60,735
11	23,497,527	32,278,350	8,780,822	4,610,330	3,554,382	496,938	65,186	53,987
12	35,272,403	42,979,896	7,707,493	4,828,255	2,260,878	496,938	65,186	56,236
TOTAL	201.339,235	278.569,443	77.230,208	45.958,672	26.547,577	3.448,286	728.513	547,160

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]									
Família (i)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	5,280	131	0	5,411	6,192	5,411	0	4,328
F1	2	3,132	0	0	3,132	4,112	3,132	0	3,546
F1	3	4,332	1,296	500	6,128	5,528	6,128	0	2,566
F1	4	0	0	0	0	1,208	0	0	3,166
F1	5	1,419	0	0	1,419	2,147	1,419	0	692
F1	6	1,864	0	0	1,864	1,967	1,864	0	1,958
F1	7	2,095	12	470	2,576	2,354	2,576	0	1,230
F1	8	5,013	220	500	5,732	3,109	3,541	2,191	1,127
F1	9	5,702	465	500	6,667	5,331	6,604	64	1,348
F1	10	5,641	518	500	6,660	5,491	5,583	1,077	3,971
F1	11	5,184	96	500	5,780	5,756	5,780	0	3,053
F1	12	4,197	1,037	500	5,733	7,779	5,733	0	3,145
F2	1	147	0	0	147	495	147	0	6,476
F2	2	637	0	0	637	596	637	0	6,500
F2	3	724	0	0	724	687	724	0	200
F2	4	0	0	0	0	138	0	0	241
F2	5	213	0	0	213	251	213	0	278
F2	6	209	0	0	209	221	209	0	140
F2	7	0	285	0	285	267	285	0	101
F2	8	0	364	0	364	336	364	0	89
F2	9	0	486	0	486	443	486	0	108
F2	10	272	441	0	713	635	713	0	136
F2	11	0	800	0	800	752	800	0	179
F2	12	1,060	0	0	1,060	971	1,060	0	257
F3	1	127	0	0	127	292	127	0	304
F3	2	233	504	0	737	328	348	389	304
F3	3	0	0	0	0	368	0	0	155
F3	4	0	0	0	0	70	0	0	174
F3	5	42	0	0	42	109	42	0	195
F3	6	85	0	0	85	93	85	0	37
F3	7	1,520	87	0	1,608	145	173	1,435	125
F3	8	220	330	0	550	132	0	550	58
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	49
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	77
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	1,512
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	1,930
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	145
F4	2	493	0	0	493	239	239	254	1,657
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	200
F4	4	0	0	0	0	87	0	0	228
F4	5	123	0	0	123	111	123	0	295
F4	6	87	0	0	87	95	87	0	401
F4	7	517	302	0	819	76	76	743	140
F4	8	0	0	0	0	98	0	0	395
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	130
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	43
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	55
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	47

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade e utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	66	66	1	66	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	60	1	0	0	0
5	0	0	0	45	63	1
6	0	0	0	56	57	1
7	69	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra			Linha 2 - Extra			
1	0	0	0	3	12	1
2	11	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	12	12	1	12	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

Período (t)	MOD [FTEs - Dias úteis]				Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	54
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	27
5	54	0	0	54	27
6	54	0	0	54	27
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Estoques de segurança para NS = 99% (3 sigma)

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	21,234,075	29,348,224	8,114,149	4,923,913	2,569,627	496,938	65,186	58,485
2	17,208,506	24,306,178	7,097,672	4,360,659	2,620,946	0	63,212	52,855
3	23,265,339	31,130,306	7,864,967	4,792,074	2,450,608	496,938	69,111	56,236
4	5,000,902	6,841,084	1,840,181	0	1,790,697	0	49,484	0
5	10,249,801	11,797,607	1,547,806	541,609	950,252	0	49,484	6,461
6	5,944,027	10,661,271	4,717,244	3,038,381	1,591,273	0	49,484	38,105
7	3,928,719	12,798,343	8,869,624	4,963,360	3,283,406	496,938	65,186	60,735
8	6,148,666	16,333,184	10,184,518	4,938,878	4,621,105	496,938	69,111	58,485
9	16,684,759	27,179,641	10,494,882	4,953,639	4,920,634	496,938	65,186	58,485
10	19,201,267	30,055,399	10,854,132	5,169,766	5,061,508	496,938	65,186	60,735
11	22,367,159	32,278,350	9,911,191	4,613,029	4,682,051	496,938	65,186	53,987
12	34,136,923	42,979,896	8,842,973	4,833,297	3,391,317	496,938	65,186	56,236
TOTAL	185,370,143	275,709,481	90,339,338	47,128,604	37,933,424	3,975,501	741,004	560,806

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (i)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS	
F1	1	5,702	747	500	6,949	5,957	6,949	0	5,320	4,328
F1	2	2,057	906	0	2,964	4,112	2,964	0	3,533	5,320
F1	3	4,311	1,296	500	6,107	5,528	6,107	0	4,749	4,171
F1	4	0	0	0	0	1,208	0	0	1,038	4,749
F1	5	450	0	0	450	2,147	450	0	1,845	3,541
F1	6	1,812	0	0	1,812	1,967	1,812	0	1,690	1,845
F1	7	2,657	172	500	3,329	2,354	2,687	642	2,022	1,690
F1	8	4,998	1,296	500	6,794	3,109	3,758	3,037	2,671	2,665
F1	9	5,105	1,037	500	6,642	5,331	6,642	0	4,580	6,350
F1	10	5,077	1,037	500	6,614	5,491	5,629	985	4,718	7,661
F1	11	4,734	518	500	5,752	5,756	5,752	0	4,945	8,783
F1	12	4,144	1,037	500	5,681	7,779	5,681	0	6,682	8,780
F2	1	0	247	0	247	495	247	0	300	319
F2	2	658	0	0	658	596	658	0	362	232
F2	3	742	0	0	742	687	742	0	417	661
F2	4	0	0	0	0	138	0	0	84	293
F2	5	125	0	0	125	251	125	0	152	223
F2	6	202	0	0	202	221	202	0	134	114
F2	7	0	294	0	294	267	294	0	162	405
F2	8	378	0	0	378	336	378	0	204	268
F2	9	508	0	0	508	443	508	0	268	385
F2	10	752	0	0	752	635	752	0	385	456
F2	11	383	441	0	823	752	823	0	456	589
F2	12	1,104	0	0	1,104	971	1,104	0	589	319
F3	1	0	0	0	0	87	0	0	232	232
F3	2	757	0	0	757	328	358	399	262	661
F3	3	0	0	0	0	368	0	0	293	293
F3	4	0	0	0	0	70	0	0	56	223
F3	5	0	0	0	0	109	0	0	87	114
F3	6	385	0	0	385	93	93	291	74	405
F3	7	1,685	264	0	1,950	145	0	1,950	116	2,210
F3	8	0	0	0	0	132	0	0	105	2,078
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	218	1,805
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	300	1,428
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	341	999
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	443	443
F4	1	0	0	0	0	210	0	0	192	401
F4	2	507	0	0	507	239	239	268	176	192
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	195	460
F4	4	0	0	0	0	87	0	0	64	195
F4	5	86	0	0	86	111	86	0	82	107
F4	6	925	0	0	925	95	95	830	70	82
F4	7	0	0	0	0	76	0	0	56	912
F4	8	0	0	0	0	98	0	0	72	836
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	69	738
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	111	644
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	122	493
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	139	327

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade e utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	66	66	1	66	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	0	0	0
5	17	63	1	0	0	0
6	45	57	1	57	57	1
7	69	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	12	12	1	12	12	1
2	12	12	1	9	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	12	12	1	12	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]	Final [FTE]	Necessidade de MOD
0				54	
1	54	0	0	54	54
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	0
5	54	0	0	54	27
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Capacidade disponível em apenas 10% da capacidade atual

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	30,655,369	32,208,186	1,552,817	1,354,308	132,846	0	49,484	16,178
2	19,635,478	24,306,178	4,670,700	4,367,732	188,052	0	62,480	52,436
3	25,748,188	31,130,306	5,382,119	4,759,834	0	496,938	69,111	56,236
4	5,551,430	6,841,084	1,289,654	1,201,039	0	0	74,226	14,389
5	9,675,027	11,797,607	2,122,581	2,071,220	0	0	26,649	24,712
6	8,740,817	10,661,271	1,920,454	1,871,721	0	0	26,408	22,325
7	10,358,669	12,798,343	2,439,673	2,334,949	48,372	0	28,392	27,960
8	9,682,540	16,333,184	6,650,644	4,730,041	1,271,326	496,938	93,854	58,485
9	20,095,099	27,179,641	7,084,542	4,914,554	1,549,379	496,938	65,186	58,485
10	22,593,114	30,055,399	7,462,285	5,156,475	1,682,951	496,938	65,186	60,735
11	25,758,264	32,278,350	6,520,086	4,604,931	1,299,045	496,938	65,186	53,987
12	37,543,364	42,979,896	5,436,532	4,818,172	0	496,938	65,186	56,236
TOTAL	226,037,357	278,569,443	52,532,086	42,184,977	6,171,972	2,981,625	691,348	502,164

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (i)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO		PRODUÇÃO PARA VENDAS E	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
					TOTAL	VENDAS (S)	ES	ES		
F1	1	1,864	0	0	1,864	6,192	1,864	0	0	4,328
F1	2	3,254	858	0	4,112	4,112	4,112	0	0	0
F1	3	3,732	1,296	500	5,528	5,528	5,528	0	0	0
F1	4	1,208	0	0	1,208	1,208	1,208	0	0	0
F1	5	2,021	126	0	2,147	2,147	2,147	0	0	0
F1	6	1,857	110	0	1,967	1,967	1,967	0	0	0
F1	7	2,354	0	0	2,354	2,354	2,354	0	0	0
F1	8	1,961	648	500	3,109	3,109	3,109	0	0	0
F1	9	4,396	1,037	500	5,933	5,331	5,331	601	0	601
F1	10	5,214	1,037	500	6,751	5,491	5,491	1,260	0	1,861
F1	11	5,184	152	500	5,836	5,756	5,756	80	0	1,941
F1	12	4,301	1,037	500	5,837	7,779	5,837	0	0	0
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	548
F2	2	543	0	0	543	596	543	0	0	53
F2	3	687	0	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	138	0	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	221	0	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	0	336	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	443	0	0	443	443	443	0	0	0
F2	10	635	0	0	635	635	635	0	0	0
F2	11	0	752	0	752	752	752	0	0	0
F2	12	971	0	0	971	971	971	0	0	0
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	319
F3	2	341	0	0	341	328	328	12	0	28
F3	3	328	0	0	328	368	328	0	0	40
F3	4	70	0	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	109	0	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	93	0	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	145	0	0	145	145	145	0	0	0
F3	8	1,237	129	0	1,366	132	132	1,234	0	1,234
F3	9	401	0	0	401	273	0	401	0	1,362
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	0	985
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	0	556
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	0	0
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	0	401
F4	2	363	0	0	363	239	239	125	0	140
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	0	265
F4	4	87	0	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	111	0	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	95	0	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	17	141	0	157	76	76	81	0	81
F4	8	616	0	0	616	98	98	519	0	600
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	0	506
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	0	354
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	0	189
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	0	0

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	0	0	0	43	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	38	60	1
5	0	0	0	63	63	1
6	0	0	0	57	57	1
7	0	0	0	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
<hr/>						
	Linha 1 - Extra			Linha 2 - Extra		
1	0	0	0	0	0	0
2	8	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	3	15	1
6	0	0	0	3	12	1
7	0	0	0	6	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

Período (t)	MOD [FTEs - Dias úteis]			Final [FTE]	Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]		
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	27	27	27
5	27	0	0	27	27
6	27	0	0	27	27
7	27	0	0	27	27
8	27	27	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	20	20	1	20	20	1
2	18	18	1	18	18	1
3	18	18	1	18	18	1
4	18	18	1	18	18	1
5	19	19	1	19	19	1
6	17	17	1	17	17	1
7	21	21	1	21	21	1
8	19	19	1	19	19	1
9	20	20	1	20	20	1
10	21	21	1	21	21	1
11	18	18	1	18	18	1
12	19	19	1	19	19	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	4	4	1	4	4	1
2	4	4	1	4	4	1
3	5	5	1	5	5	1
4	4	4	1	4	4	1
5	5	5	1	5	5	1
6	4	4	1	4	4	1
7	4	4	1	4	4	1
8	5	5	1	5	5	1
9	4	4	1	4	4	1
10	4	4	1	4	4	1
11	4	4	1	4	4	1
12	4	4	1	4	4	1

Período (t)	MOD [FTEs - Dias úteis]			Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]	
0				54
1	54	0	0	54
2	54	0	0	54
3	54	0	0	54
4	54	0	0	54
5	54	0	0	54
6	54	0	0	54
7	54	0	0	54
8	54	0	0	54
9	54	0	0	54
10	54	0	0	54
11	54	0	0	54
12	54	0	0	54

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]								
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível		A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível		A/A'
		Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal		
1	40	40	1		40	40	1	
2	36	36	1		36	36	1	
3	36	36	1		36	36	1	
4	36	36	1		36	36	1	
5	38	38	1		38	38	1	
6	34	34	1		34	34	1	
7	41	41	1		41	41	1	
8	38	38	1		38	38	1	
9	40	40	1		40	40	1	
10	41	41	1		41	41	1	
11	36	36	1		36	36	1	
12	38	38	1		38	38	1	
Linha 1 - Extra					Linha 2 - Extra			
1	7	7	1		7	7	1	
2	7	7	1		7	7	1	
3	9	9	1		9	9	1	
4	7	7	1		7	7	1	
5	9	9	1		9	9	1	
6	7	7	1		7	7	1	
7	7	7	1		7	7	1	
8	9	9	1		9	9	1	
9	7	7	1		7	7	1	
10	7	7	1		7	7	1	
11	7	7	1		7	7	1	
12	7	7	1		7	7	1	

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	54
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	54
5	54	0	0	54	54
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Necessidades de capacidade de produção constantes entre as famílias

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Periodo (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	28,130,518	32,208,186	4,077,668	2,496,859	960,200	496,938	65,186	58,485
2	20,756,191	24,306,178	3,549,987	2,658,197	275,679	496,938	65,186	53,987
3	17,881,093	21,394,482	3,513,389	2,891,104	0	496,938	69,111	56,236
4	2,945,794	6,841,084	3,895,289	2,413,444	865,735	496,938	65,186	53,987
5	7,115,457	11,797,607	4,682,150	2,665,677	1,391,939	496,938	69,111	58,485
6	5,836,286	10,661,271	4,824,985	2,354,399	1,856,725	496,938	65,186	51,738
7	7,054,010	12,798,343	5,744,333	2,775,008	2,346,466	496,938	65,186	60,735
8	10,562,186	16,333,184	5,770,997	2,695,127	2,451,336	496,938	69,111	58,485
9	22,180,238	27,179,641	4,999,403	2,807,259	1,571,534	496,938	65,186	58,485
10	25,858,201	30,055,399	4,197,198	3,034,922	539,418	496,938	65,186	60,735
11	20,251,018	23,679,369	3,428,351	2,812,240	0	496,938	65,186	53,987
12	15,767,787	19,434,969	3,667,182	3,048,822	0	496,938	65,186	56,236
TOTAL	184,338,779	236,689,710	52,350,931	32,653,059	12,259,032	5,963,251	794,009	681,581

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (t)	Periodo (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	2,908	529	500	3,937	6,192	1,864	2,073	0	4,328
F1	2	1,800	430	500	2,730	4,112	2,730	0	0	2,073
F1	3	1,692	293	500	2,485	3,176	2,485	0	0	691
F1	4	2,644	233	500	3,377	1,208	1,208	2,169	0	0
F1	5	2,525	440	500	3,465	2,147	0	3,465	0	2,169
F1	6	2,367	264	500	3,131	1,967	0	3,131	0	3,487
F1	7	2,629	452	500	3,581	2,354	0	3,581	0	4,652
F1	8	2,211	661	500	3,372	3,109	0	3,372	0	5,879
F1	9	2,627	0	500	3,127	5,331	0	3,127	0	6,141
F1	10	2,406	0	500	2,906	5,491	2,906	0	0	3,937
F1	11	1,826	0	500	2,326	3,678	2,326	0	0	1,351
F1	12	1,324	264	500	2,089	2,089	2,089	0	0	0
										548
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	53
F2	2	543	0	0	543	596	543	0	0	0
F2	3	687	0	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	0	138	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	145	76	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	336	0	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	187	256	0	443	443	443	0	0	0
F2	10	635	0	0	635	635	635	0	0	0
F2	11	224	529	0	752	752	752	0	0	0
F2	12	971	0	0	971	971	971	0	0	0
										319
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	28
F3	2	301	0	0	301	328	301	0	0	0
F3	3	0	368	0	368	368	368	0	0	0
F3	4	0	70	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	0	109	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	0	93	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	145	0	0	145	145	145	0	0	0
F3	8	132	0	0	132	132	132	0	0	0
F3	9	0	273	0	273	273	273	0	0	0
F3	10	0	377	0	377	377	377	0	0	0
F3	11	428	0	0	428	428	428	0	0	0
F3	12	292	264	0	556	556	556	0	0	0
										401
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	0	140
F4	2	0	98	0	98	239	98	0	0	0
F4	3	265	0	0	265	265	265	0	0	0
F4	4	0	87	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	0	111	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	0	95	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	0	76	0	76	76	76	0	0	0
F4	8	98	0	0	98	98	98	0	0	0
F4	9	94	0	0	94	94	94	0	0	0
F4	10	0	152	0	152	152	152	0	0	0
F4	11	165	0	0	165	165	165	0	0	0
F4	12	189	0	0	189	189	189	0	0	0

Custos de estoques constantes entre as famílias

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	30,624,624	32,208,186	1,583,562	1,354,308	163,591	0	49,484	16,178
2	19,599,968	24,306,178	4,706,209	4,390,650	200,644	0	62,480	52,436
3	25,771,105	31,130,306	5,359,201	4,736,916	0	496,938	69,111	56,236
4	5,551,430	6,841,084	1,289,654	1,201,039	0	0	74,226	14,389
5	9,675,027	11,797,607	2,122,581	2,071,220	0	0	26,649	24,712
6	8,740,817	10,661,271	1,920,454	1,871,721	0	0	26,408	22,325
7	10,347,843	12,798,343	2,450,499	2,341,936	52,211	0	28,392	27,960
8	9,608,263	16,333,184	6,724,920	4,762,684	1,312,960	496,938	93,854	58,485
9	19,867,611	27,179,641	7,312,030	4,933,186	1,758,235	496,938	65,186	58,485
10	21,994,849	30,055,399	8,060,550	5,278,499	2,159,193	496,938	65,186	60,735
11	25,268,016	32,278,350	7,010,334	4,535,315	1,858,908	496,938	65,186	53,987
12	37,654,035	42,979,896	5,325,862	4,707,502	0	496,938	65,186	56,236
TOTAL	224,703,587	278,569,443	53,865,857	42,184,977	7,505,742	2,981,625	691,348	502,164

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (t)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PARA VENDAS E VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	1,864	0	0	1,864	6,192	1,864	0	0	4,328
F1	2	3,254	858	0	4,112	4,112	4,112	0	0	0
F1	3	4,541	488	500	5,528	5,528	5,528	0	0	0
F1	4	1,208	0	0	1,208	1,208	1,208	0	0	0
F1	5	2,021	126	0	2,147	2,147	2,147	0	0	0
F1	6	1,857	110	0	1,967	1,967	1,967	0	0	0
F1	7	2,113	241	0	2,354	2,354	2,354	0	0	0
F1	8	2,326	283	500	3,109	3,109	3,109	0	0	0
F1	9	4,313	518	500	5,331	5,331	5,331	0	0	0
F1	10	4,473	518	500	5,491	5,491	5,491	0	0	0
F1	11	5,184	870	500	6,554	5,756	5,756	799	0	799
F1	12	5,443	1,037	500	6,980	7,779	6,980	0	0	0
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	548
F2	2	543	0	0	543	596	543	0	0	53
F2	3	0	687	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	138	0	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	221	0	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	336	0	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	954	0	0	954	443	443	511	0	511
F2	10	1,265	441	0	1,706	635	635	1,071	0	1,582
F2	11	0	141	0	141	752	0	141	0	971
F2	12	0	0	0	0	971	0	0	0	0
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	28
F3	2	572	0	0	572	328	328	244	0	271
F3	3	96	0	0	96	368	96	0	0	0
F3	4	70	0	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	109	0	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	93	0	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	216	0	0	216	145	145	71	0	71
F3	8	1,365	330	0	1,696	132	132	1,564	0	1,635
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	0	1,362
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	0	985
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	0	556
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	0	0
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	0	401
F4	2	98	0	0	98	239	98	0	0	140
F4	3	265	0	0	265	265	265	0	0	0
F4	4	87	0	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	111	0	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	95	0	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	76	0	0	76	76	76	0	0	0
F4	8	26	213	0	239	98	98	141	0	141
F4	9	156	302	0	458	94	0	458	0	506
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	0	354
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	0	189
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	0	0

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]								
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível		A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível		A/A'
		Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal		
1	43	66	1		0	0	0	
2	60	60	1		60	60	1	
3	60	60	1		60	60	1	
4	0	0	0		38	60	1	
5	63	63	1		0	0	0	
6	57	57	1		0	0	0	
7	0	0	0		69	69	1	
8	63	63	1		63	63	1	
9	66	66	1		66	66	1	
10	69	69	1		69	69	1	
11	60	60	1		60	60	1	
12	63	63	1		63	63	1	
Linha 1 - Extra					Linha 2 - Extra			
1	0	0	0		0	0	0	
2	8	12	1		12	12	1	
3	15	15	1		15	15	1	
4	0	0	0		0	0	0	
5	3	15	1		0	0	0	
6	3	12	1		0	0	0	
7	0	0	0		6	12	1	
8	15	15	1		15	15	1	
9	12	12	1		12	12	1	
10	12	12	1		12	12	1	
11	12	12	1		12	12	1	
12	12	12	1		12	12	1	

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	27	27	27
5	27	0	0	27	27
6	27	0	0	27	27
7	27	0	0	27	27
8	27	27	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	0	0	0	43	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	38	60	1	0	0	0
5	0	0	0	63	63	1
6	0	0	0	57	57	1
7	69	69	1	0	0	0
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	8	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	3	15	1
6	0	0	0	3	12	1
7	2	12	1	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1
Linha 2 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	8	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	3	15	1
6	0	0	0	3	12	1
7	2	12	1	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
(t)	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]	Final [FTE]	de MOD
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	27	27	27
5	27	0	0	27	27
6	27	0	0	27	27
7	27	0	0	27	27
8	27	27	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Aumento de 25% nos custos de contratação e demissão

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	30,655,369	32,208,186	1,552,817	1,354,308	132,846	0	49,484	16,178
2	19,635,478	24,306,178	4,670,700	4,367,732	188,052	0	62,480	52,436
3	25,748,188	31,130,306	5,382,119	4,759,834	0	496,938	69,111	56,236
4	5,576,172	6,841,084	1,264,912	1,201,039	0	0	49,484	14,389
5	9,652,191	11,797,607	2,145,416	2,071,220	0	0	49,484	24,712
6	8,717,740	10,661,271	1,943,530	1,871,721	0	0	49,484	22,325
7	10,337,577	12,798,343	2,460,766	2,334,949	48,372	0	49,484	27,960
8	9,707,282	16,333,184	6,625,902	4,730,041	1,271,326	496,938	69,111	58,485
9	20,095,099	27,179,641	7,084,542	4,914,554	1,549,379	496,938	65,186	58,485
10	22,593,114	30,055,399	7,462,285	5,156,475	1,682,951	496,938	65,186	60,735
11	25,758,264	32,278,350	6,520,086	4,604,931	1,299,045	496,938	65,186	53,987
12	37,543,364	42,979,896	5,436,532	4,818,172	0	496,938	65,186	56,236
TOTAL	226,019,837	278,569,443	52,549,606	42,184,977	6,171,972	2,981,625	708,868	502,164

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (t)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PRODUÇÃO PARA VENDAS E VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM ES	ESTOQUES TOTAIS	
F1	1	1,864	0	0	1,864	6,192	1,864	0	0	4,328
F1	2	3,594	518	0	4,112	4,112	4,112	0	0	0
F1	3	4,380	648	500	5,528	5,528	5,528	0	0	0
F1	4	1,208	0	0	1,208	1,208	1,208	0	0	0
F1	5	2,147	0	0	2,147	2,147	2,147	0	0	0
F1	6	1,967	0	0	1,967	1,967	1,967	0	0	0
F1	7	2,354	0	0	2,354	2,354	2,354	0	0	0
F1	8	2,609	0	500	3,109	3,109	3,109	0	0	0
F1	9	5,433	0	500	5,933	5,331	5,331	601	0	601
F1	10	5,962	290	500	6,751	5,491	5,491	1,260	0	1,861
F1	11	4,817	518	500	5,836	5,756	5,756	80	0	1,941
F1	12	5,337	0	500	5,837	7,779	5,837	0	0	0
<hr/>										
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	548
F2	2	543	0	0	543	596	543	0	0	53
F2	3	136	551	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	138	0	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	221	0	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	336	0	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	2	441	0	443	443	443	0	0	0
F2	10	0	635	0	635	635	635	0	0	0
F2	11	312	441	0	752	752	752	0	0	0
F2	12	90	881	0	971	971	971	0	0	0
<hr/>										
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	319
F3	2	341	0	0	341	328	328	12	0	40
F3	3	328	0	0	328	368	328	0	0	0
F3	4	70	0	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	109	0	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	93	0	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	145	0	0	145	145	145	0	0	0
F3	8	1,035	330	0	1,366	132	132	1,234	0	1,234
F3	9	136	264	0	401	273	0	401	0	1,362
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	0	985
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	0	556
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	0	0
<hr/>										
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	0	401
F4	2	165	198	0	363	239	239	125	0	140
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	0	265
F4	4	87	0	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	111	0	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	95	0	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	157	0	0	157	76	76	81	0	81
F4	8	238	378	0	616	98	98	519	0	600
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	0	506
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	0	354
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	0	189
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	0	0

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	0	0	0	43	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	38	60	1
5	63	63	1	3	63	1
6	3	57	1	57	57	1
7	6	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	8	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1
Linha 2 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	8	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	27
5	54	0	0	54	54
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Estoques de segurança nulos e sem subcontratação

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Periodo (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	30,336,116	32,208,186	1,872,070	1,558,551	245,068	0	49,484	18,967
2	19,303,919	24,306,178	5,002,258	4,506,543	376,543	0	65,186	53,987
3	26,224,946	31,130,306	4,905,361	4,780,013	0	0	69,111	56,236
4	5,576,172	6,841,084	1,264,912	1,201,039	0	0	49,484	14,389
5	9,652,191	11,797,607	2,145,416	2,071,220	0	0	49,484	24,712
6	8,717,740	10,661,271	1,943,530	1,871,721	0	0	49,484	22,325
7	7,740,759	12,798,343	5,057,583	3,996,908	961,537	0	49,484	49,654
8	9,300,821	16,333,184	7,032,362	4,852,544	2,052,221	0	69,111	58,485
9	19,961,596	27,179,641	7,218,045	4,946,258	2,148,115	0	65,186	58,485
10	22,690,894	30,055,399	7,364,505	5,156,475	2,082,109	0	65,186	60,735
11	26,055,623	32,278,350	6,222,727	4,604,931	1,498,623	0	65,186	53,987
12	38,040,302	42,979,896	4,939,595	4,818,172	0	0	65,186	56,236
TOTAL	223,601,080	278,569,443	54,968,363	44,364,376	9,364,215	0	711,574	528,197

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (t)	Periodo (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	1,864	0	0	1,864	6,192	1,864	0	0	4,328
F1	2	4,112	0	0	4,112	4,112	4,112	0	0	0
F1	3	5,041	488	0	5,528	5,528	5,528	0	0	0
F1	4	1,208	0	0	1,208	1,208	1,208	0	0	0
F1	5	2,147	0	0	2,147	2,147	2,147	0	0	0
F1	6	1,967	0	0	1,967	1,967	1,967	0	0	0
F1	7	2,354	0	0	2,354	2,354	2,354	0	0	0
F1	8	3,676	648	0	4,324	3,109	3,109	1,214	0	1,214
F1	9	5,700	518	0	6,218	5,331	5,331	887	0	2,101
F1	10	5,962	290	0	6,251	5,491	5,491	760	0	2,861
F1	11	4,817	518	0	5,336	5,756	5,336	0	0	2,441
F1	12	5,337	0	0	5,337	7,779	5,337	0	0	0
										548
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	0	53
F2	2	0	543	0	543	596	543	0	0	0
F2	3	0	687	0	687	687	687	0	0	0
F2	4	138	0	0	138	138	138	0	0	0
F2	5	251	0	0	251	251	251	0	0	0
F2	6	221	0	0	221	221	221	0	0	0
F2	7	267	0	0	267	267	267	0	0	0
F2	8	336	0	0	336	336	336	0	0	0
F2	9	2	441	0	443	443	443	0	0	0
F2	10	0	635	0	635	635	635	0	0	0
F2	11	312	441	0	752	752	752	0	0	0
F2	12	90	881	0	971	971	971	0	0	0
										319
F3	1	0	0	0	0	292	0	0	0	28
F3	2	546	49	0	596	328	328	267	0	295
F3	3	73	0	0	73	368	73	0	0	0
F3	4	70	0	0	70	70	70	0	0	0
F3	5	109	0	0	109	109	109	0	0	0
F3	6	93	0	0	93	93	93	0	0	0
F3	7	881	0	0	881	145	145	736	0	736
F3	8	700	330	0	1,030	132	0	1,030	0	1,635
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	0	1,362
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	0	985
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	0	556
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	0	0
										401
F4	1	187	0	0	187	261	0	187	0	328
F4	2	0	176	0	176	239	0	176	0	265
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	0	0
F4	4	87	0	0	87	87	87	0	0	0
F4	5	111	0	0	111	111	111	0	0	0
F4	6	95	0	0	95	95	95	0	0	0
F4	7	774	0	0	774	76	76	697	0	697
F4	8	0	0	0	0	98	0	0	0	600
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	0	506
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	0	354
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	0	189
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	0	0

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
1	51	66	1	0	0	0
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	38	60	1	0	0	0
5	3	63	1	63	63	1
6	57	57	1	3	57	1
7	63	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1
Linha 2 - Extra						
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	[FTE]	[FTE]	Final [FTE]	
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	27
5	54	0	0	54	54
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Redução de 10% da demanda com NS = 97,7%

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	23,915,403	28,987,368	5,071,965	3,409,190	1,572,592	0	49,484	40,698
2	16,978,347	21,875,560	4,897,213	3,448,815	1,357,363	0	49,484	41,551
3	21,163,406	28,017,276	6,853,870	4,761,219	1,470,365	496,938	69,111	56,236
4	5,205,788	6,156,975	951,187	330	876,626	0	74,226	5
5	8,734,625	10,617,847	1,883,222	1,284,813	558,337	0	24,742	15,330
6	7,457,720	9,595,144	2,137,424	1,588,296	505,450	0	24,742	18,936
7	8,525,787	11,518,508	2,992,721	2,287,042	650,957	0	27,356	27,366
8	7,284,660	14,699,865	7,415,205	4,732,895	2,033,034	496,938	93,854	58,485
9	16,353,924	24,461,677	8,107,753	4,914,115	2,573,028	496,938	65,186	58,485
10	18,278,545	27,049,859	8,771,314	5,153,543	2,994,913	496,938	65,186	60,735
11	20,912,855	29,050,515	8,137,660	4,601,217	2,920,332	496,938	65,186	53,987
12	31,212,577	38,681,907	7,469,330	4,816,180	2,034,790	496,938	65,186	56,236
TOTAL	186.023.637	250.712.499	64.688.862	40.997.655	19.547.787	2.981.625	673.744	488.051

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]									
Família	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	4,437	0	0	4,437	5,573	4,437	0	4,328
F1	2	2,629	0	0	2,629	3,701	2,629	0	3,192
F1	3	4,557	648	500	5,705	4,976	5,705	0	2,120
F1	4	0	0	0	0	1,087	0	0	2,850
F1	5	1,277	0	0	1,277	1,932	1,277	0	623
F1	6	1,677	0	0	1,677	1,770	1,677	0	1,762
F1	7	2,318	0	0	2,318	2,119	2,318	0	1,107
F1	8	2,425	263	500	3,187	2,798	3,187	0	1,014
F1	9	4,407	1,037	500	5,944	4,798	5,944	0	1,213
F1	10	5,962	191	500	6,653	4,942	5,025	1,628	1,603
F1	11	4,856	518	500	5,874	5,180	5,317	558	2,748
F1	12	4,840	518	500	5,858	7,001	5,858	0	2,831
F2	1	77	0	0	77	445	77	0	4,458
F2	2	574	0	0	574	537	574	0	5,152
F2	3	101	551	0	651	618	651	0	2,967
F2	4	0	0	0	0	124	0	0	2,74
F2	5	192	0	0	192	226	192	0	2,967
F2	6	188	0	0	188	199	188	0	2,967
F2	7	257	0	0	257	240	257	0	2,967
F2	8	0	328	0	328	302	328	0	2,967
F2	9	437	0	0	437	398	437	0	2,967
F2	10	0	642	0	642	572	642	0	2,967
F2	11	279	441	0	720	677	720	0	2,967
F2	12	513	441	0	954	874	954	0	2,967
F3	1	83	0	0	83	263	83	0	319
F3	2	404	0	0	404	296	313	91	139
F3	3	259	0	0	259	331	259	0	157
F3	4	0	0	0	0	63	0	0	176
F3	5	38	0	0	38	98	38	0	34
F3	6	76	0	0	76	84	76	0	52
F3	7	68	88	0	156	131	156	0	45
F3	8	1,011	330	0	1,342	118	118	1,223	69
F3	9	398	0	0	398	246	0	398	63
F3	10	0	46	0	46	339	0	46	122
F3	11	0	0	0	0	386	0	0	161
F3	12	0	0	0	0	501	0	0	231
F4	1	0	0	0	0	235	0	0	274
F4	2	404	0	0	404	215	215	189	274
F4	3	0	0	0	0	238	0	0	274
F4	4	0	0	0	0	79	0	0	274
F4	5	111	0	0	111	100	111	0	274
F4	6	78	0	0	78	86	78	0	274
F4	7	133	0	0	133	69	69	64	274
F4	8	604	0	0	604	88	97	507	274
F4	9	0	0	0	0	85	0	0	274
F4	10	0	0	0	0	136	0	0	274
F4	11	0	0	0	0	149	0	0	274
F4	12	0	0	0	0	170	0	0	274

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade e utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	43	66	1	66	66	1
2	51	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	60	1	0	0	0
5	0	0	0	41	63	1
6	51	57	1	0	0	0
7	69	69	1	0	0	0
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	4	12	1	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

Período (t)	MOD [FTEs - Dias úteis]			Final [FTE]	Necessidade de MOD
	Inicial [FTE]	Admissões [FTE]	Demissões [FTE]		
0				54	
1	54	0	0	54	54
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	27	27	27
5	27	0	0	27	27
6	27	0	0	27	27
7	27	0	0	27	27
8	27	27	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	66	66	1	66	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	0	0	0	0	60	1
5	0	0	0	61	63	1
6	57	57	1	57	57	1
7	69	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	12	12	1	12	12	1
2	12	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	12	12	1	12	12	1
7	12	12	1	12	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]						
Período (t)	Inicial [FTE]	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
		[FTE]	[FTE]	[FTE]	[FTE]	
0						54
1	54	0	0	54		54
2	54	0	0	54		54
3	54	0	0	54		54
4	54	0	0	54		27
5	54	0	0	54		27
6	54	0	0	54		54
7	54	0	0	54		54
8	54	0	0	54		54
9	54	0	0	54		54
10	54	0	0	54		54
11	54	0	0	54		54
12	54	0	0	54		54

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	64	66	1	0	0	0
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	20	60	1	0	0	0
5	57	63	1	12	63	1
6	45	57	1	14	57	1
7	30	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	11	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]					
Período (t)	Inicial [FTE]	MOD [FTEs - Dias úteis]		Final [FTE]	Necessidade de MOD
		Admissões [FTE]	Demissões [FTE]		
0				54	
1	54	0	0	54	27
2	54	0	0	54	54
3	54	0	0	54	54
4	54	0	0	54	27
5	54	0	0	54	54
6	54	0	0	54	54
7	54	0	0	54	54
8	54	0	0	54	54
9	54	0	0	54	54
10	54	0	0	54	54
11	54	0	0	54	54
12	54	0	0	54	54

Erros de previsão 50% menores – NS = 97,7%

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Período (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	29,626,343	32,208,186	2,581,843	2,013,344	494,954	0	49,484	24,061
2	19,154,932	24,306,178	5,151,245	4,442,384	591,177	0	64,240	53,445
3	25,330,089	31,130,306	5,800,217	4,769,497	408,435	496,938	69,111	56,236
4	6,073,314	6,841,084	767,769	621,061	89,766	0	49,484	7,458
5	9,376,785	11,797,607	2,420,822	2,190,117	155,094	0	49,484	26,127
6	8,604,396	10,661,271	2,056,875	1,844,984	140,403	0	49,484	22,004
7	9,131,984	12,798,343	3,666,358	3,016,467	563,235	0	49,484	37,172
8	9,108,281	16,333,184	7,224,902	4,784,342	1,816,025	496,938	69,111	58,485
9	19,501,961	27,179,641	7,677,680	4,945,816	2,111,255	496,938	65,186	58,485
10	22,027,806	30,055,399	8,027,593	5,158,690	2,246,044	496,938	65,186	60,735
11	25,193,080	32,278,350	7,085,270	4,606,280	1,862,879	496,938	65,186	53,987
12	36,975,624	42,979,896	6,004,272	4,820,693	565,219	496,938	65,186	56,236
TOTAL	220,104,596	278,569,443	58,464,847	43,213,676	11,044,486	2,981,625	710,629	514,431

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Familia (t)	Período (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	PRODUÇÃO PARA VENDAS VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	2,751	0	0	2,751	6,192	2,751	0	887	4,328
F1	2	3,815	0	0	3,815	4,112	3,815	0	589	887
F1	3	3,935	1,296	500	5,731	5,528	5,731	0	792	589
F1	4	589	0	0	589	1,208	589	0	173	792
F1	5	2,282	0	0	2,282	2,147	2,282	0	307	173
F1	6	1,941	0	0	1,941	1,967	1,941	0	282	307
F1	7	2,410	0	0	2,410	2,354	2,410	0	337	282
F1	8	2,717	0	500	3,217	3,109	3,217	0	445	337
F1	9	5,687	477	500	6,664	5,331	5,649	1,015	763	445
F1	10	5,962	267	500	6,728	5,491	5,514	1,214	786	1,778
F1	11	4,285	1,037	500	5,822	5,756	5,794	28	824	786
F1	12	5,311	0	500	5,811	7,779	5,811	0	1,114	824
F2	1	0	0	0	0	495	0	0	50	3,081
F2	2	216	388	0	603	596	603	0	60	548
F2	3	696	0	0	696	687	696	0	69	53
F2	4	83	0	0	83	138	83	0	14	60
F2	5	262	0	0	262	251	262	0	25	69
F2	6	218	0	0	218	221	218	0	22	14
F2	7	271	0	0	271	267	271	0	27	25
F2	8	0	343	0	343	336	343	0	34	22
F2	9	13	441	0	454	443	454	0	45	27
F2	10	0	655	0	655	635	655	0	64	34
F2	11	764	0	0	764	752	764	0	76	45
F2	12	112	881	0	993	971	993	0	98	64
F3	1	11	0	0	11	292	11	0	39	76
F3	2	487	0	0	487	328	333	154	44	76
F3	3	219	0	0	219	368	219	0	49	39
F3	4	31	0	0	31	70	31	0	9	49
F3	5	114	0	0	114	109	114	0	14	9
F3	6	91	0	0	91	93	91	0	12	14
F3	7	152	0	0	152	145	152	0	19	12
F3	8	1,390	410	0	1,800	132	132	1,668	17	19
F3	9	0	21	0	21	273	0	21	36	1,688
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	50	1,435
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	57	50
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	74	630
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	32	74
F4	2	94	302	0	396	239	239	157	29	401
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	32	140
F4	4	66	0	0	66	87	66	0	11	297
F4	5	114	0	0	114	111	114	0	14	32
F4	6	93	0	0	93	95	93	0	12	11
F4	7	733	0	0	733	76	76	657	9	14
F4	8	0	52	0	52	98	0	52	12	668
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	12	623
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	19	529
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	20	377
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	23	212

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	64	66	1	0	0	0
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	20	60	1	0	0	0
5	57	63	1	12	63	1
6	45	57	1	14	57	1
7	30	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	0	0	0	0	0	0
2	12	12	1	11	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]						
Período (t)	Inicial [FTE]	Admissões		Demissões		Necessidade de MOD
		[FTE]	[FTE]	[FTE]	[FTE]	
0					54	
1	54	0	0	54	27	
2	54	0	0	54	54	
3	54	0	0	54	54	
4	54	0	0	54	27	
5	54	0	0	54	54	
6	54	0	0	54	54	
7	54	0	0	54	54	
8	54	0	0	54	54	
9	54	0	0	54	54	
10	54	0	0	54	54	
11	54	0	0	54	54	
12	54	0	0	54	54	

Erros de previsão 50% menores – NS = 99,8%

GROSS MARGIN - RESULTADOS GLOBAIS [R\$]								
Periodo (t)	GP	Receitas	Custos Totais	Materiais	Estoques	Sub-contratação	MOD	Conversão
1	27,306,024	32,208,186	4,902,162	3,499,435	1,311,487	0	49,484	41,756
2	18,367,152	24,306,178	5,939,025	4,423,668	1,397,426	0	64,397	53,534
3	24,493,892	31,130,306	6,636,414	4,788,825	1,225,304	496,938	69,111	56,236
4	6,188,576	6,841,084	652,508	24,074	578,620	0	49,484	330
5	9,395,675	11,797,607	2,401,933	1,864,943	465,281	0	49,484	22,224
6	8,377,707	10,661,271	2,283,564	1,791,510	421,209	0	49,484	21,361
7	6,569,787	12,798,343	6,228,555	4,472,616	1,644,123	0	56,220	55,596
8	7,912,921	16,333,184	8,420,262	4,858,222	2,937,506	496,938	69,111	58,485
9	18,374,077	27,179,641	8,805,564	4,949,949	3,235,006	496,938	65,186	58,485
10	20,897,190	30,055,399	9,158,208	5,163,120	3,372,230	496,938	65,186	60,735
11	24,062,712	32,278,350	8,215,638	4,608,980	2,990,548	496,938	65,186	53,987
12	35,840,144	42,979,896	7,139,753	4,825,735	1,695,658	496,938	65,186	56,236
TOTAL	207.785.857	278.569.443	70.783.586	45.271.075	21.274.399	2.981.625	717.521	538.966

RESULTADOS - METAS DE PRODUÇÃO E ESTOQUE [Litons]										
Família (i)	Periodo (t)	Produção normal (X)	Produção extra (Y)	Sub-contratação	PRODUÇÃO TOTAL	VENDAS (S)	PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES	PRODUÇÃO PARA PRÉ-ESTOCAGEM	ES	ESTOQUES TOTAIS
F1	1	4,524	0	0	4,524	6,192	4,524	0	2,660	4,328
F1	2	2,234	985	0	3,219	4,112	3,219	0	1,766	2,660
F1	3	4,341	1,296	500	6,137	5,528	6,137	0	2,375	1,766
F1	4	0	0	0	0	1,208	0	0	519	2,375
F1	5	1,903	0	0	1,903	2,147	1,903	0	922	1,167
F1	6	1,890	0	0	1,890	1,967	1,890	0	845	922
F1	7	2,520	0	0	2,520	2,354	2,520	0	1,011	845
F1	8	3,732	648	500	4,880	3,109	3,433	1,447	1,335	1,011
F1	9	5,662	518	500	6,680	5,331	6,286	394	2,290	2,782
F1	10	5,664	518	500	6,683	5,491	5,560	1,122	2,359	4,131
F1	11	4,776	518	500	5,794	5,756	5,794	0	2,472	5,322
F1	12	5,259	0	500	5,759	7,779	5,759	0	3,341	5,360
										548
F2	1	97	0	0	97	495	97	0	150	150
F2	2	627	0	0	627	596	627	0	181	181
F2	3	715	0	0	715	687	715	0	208	208
F2	4	0	0	0	0	138	0	0	42	70
F2	5	257	0	0	257	251	257	0	76	76
F2	6	212	0	0	212	221	212	0	67	67
F2	7	281	0	0	281	267	281	0	81	81
F2	8	357	0	0	357	336	357	0	102	102
F2	9	35	441	0	475	443	475	0	134	134
F2	10	253	441	0	693	635	693	0	193	193
F2	11	347	441	0	788	752	788	0	228	228
F2	12	156	881	0	1,038	971	1,038	0	294	294
										319
F3	1	89	0	0	89	292	89	0	116	116
F3	2	725	0	0	725	328	343	382	131	513
F3	3	1	0	0	1	368	1	0	146	146
F3	4	0	0	0	0	70	0	0	28	76
F3	5	76	0	0	76	109	76	0	43	43
F3	6	87	0	0	87	93	87	0	37	37
F3	7	880	227	0	1,107	145	166	941	58	999
F3	8	658	330	0	989	132	0	989	52	1,856
F3	9	0	0	0	0	273	0	0	109	1,583
F3	10	0	0	0	0	377	0	0	150	1,206
F3	11	0	0	0	0	428	0	0	171	778
F3	12	0	0	0	0	556	0	0	222	222
										401
F4	1	0	0	0	0	261	0	0	96	140
F4	2	461	0	0	461	239	239	222	88	362
F4	3	0	0	0	0	265	0	0	97	97
F4	4	22	0	0	22	87	22	0	32	32
F4	5	120	0	0	120	111	120	0	41	41
F4	6	89	0	0	89	95	89	0	35	35
F4	7	808	0	0	808	76	76	732	28	767
F4	8	0	0	0	0	98	0	0	36	669
F4	9	0	0	0	0	94	0	0	35	575
F4	10	0	0	0	0	152	0	0	56	424
F4	11	0	0	0	0	165	0	0	61	258
F4	12	0	0	0	0	189	0	0	69	69

RESULTADOS - CAPACIDADES [Turnos]						
Período (t)	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'	Capacidade utilizada	Capacidade Disponível	A/A'
	Linha 1 - Normal				Linha 2 - Normal	
1	45	66	1	66	66	1
2	60	60	1	60	60	1
3	60	60	1	60	60	1
4	1	60	1	0	0	0
5	0	0	0	59	63	1
6	0	0	0	57	57	1
7	69	69	1	69	69	1
8	63	63	1	63	63	1
9	66	66	1	66	66	1
10	69	69	1	69	69	1
11	60	60	1	60	60	1
12	63	63	1	63	63	1
Linha 1 - Extra				Linha 2 - Extra		
1	0	0	0	0	0	0
2	11	12	1	12	12	1
3	15	15	1	15	15	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	10	12	1
8	15	15	1	15	15	1
9	12	12	1	12	12	1
10	12	12	1	12	12	1
11	12	12	1	12	12	1
12	12	12	1	12	12	1

MOD [FTEs - Dias úteis]							
Período (t)	Inicial [FTE]	Admissões		Demissões		Final [FTE]	Necessidade de MOD
		[FTE]	[FTE]	[FTE]	[FTE]		
0						54	
1	54	0	0	0	0	54	54
2	54	0	0	0	0	54	54
3	54	0	0	0	0	54	54
4	54	0	0	0	0	54	27
5	54	0	0	0	0	54	27
6	54	0	0	0	0	54	27
7	54	0	0	0	0	54	54
8	54	0	0	0	0	54	54
9	54	0	0	0	0	54	54
10	54	0	0	0	0	54	54
11	54	0	0	0	0	54	54
12	54	0	0	0	0	54	54

MPS – Família 1 com resultados do plano agregado para nível de serviço 99,8%

MIX DE VENDAS DA FAMÍLIA F1 (Previsão de demanda)													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	24%	23%	23%	23%	23%
F1	P2	29%	29%	29%	29%	29%	29%	29%	26%	27%	29%	29%	29%
F1	P3	11%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	13%	11%	12%	12%	12%
F1	P4	11%	11%	11%	10%	10%	10%	10%	9%	10%	10%	11%	11%
F1	P5	21%	20%	20%	21%	21%	21%	21%	19%	20%	21%	20%	20%
F1	P6	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	5%	4%	4%	4%
F1	P7	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	5%	4%	1%	1%	1%
F1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

MIX DE VENDAS MÉDIO NO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	21%	21%	21%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	23%
F1	P2	26%	26%	25%	28%	28%	28%	28%	29%	29%	29%	29%	29%
F1	P3	11%	11%	11%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
F1	P4	8%	8%	8%	9%	10%	10%	10%	11%	11%	11%	11%	11%
F1	P5	19%	19%	19%	22%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
F1	P6	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
F1	P7	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	1%	1%	1%	1%	1%
F1		91%	90%	89%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

ESTOQUES DE SEGURANÇA DA FAMÍLIA													
		Período											
Família		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1		5,320	3,533	4,749	1,038	1,845	1,690	2,022	2,671	4,580	4,718	4,945	6,682

ESTOQUES DE SEGURANÇA POR PRODUTO													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	1,224	813	1,092	239	424	389	465	641	1,053	1,085	1,137	1,537
F1	P2	1,543	1,025	1,377	301	535	490	586	694	1,237	1,368	1,434	1,938
F1	P3	585	424	570	125	221	203	243	347	504	566	593	802
F1	P4	585	389	522	104	184	169	202	240	458	472	544	735
F1	P5	1,117	707	950	218	387	355	425	507	916	991	989	1,336
F1	P6	213	141	190	42	74	68	81	107	229	189	198	267
F1	P7	53	35	47	10	18	17	20	134	183	47	49	67
F1		5,320	3,533	4,749	1,038	1,845	1,690	2,022	2,671	4,580	4,718	4,945	6,682

DEMANDA OU LIBERAÇÃO DE ESTOQUES DE SEGURANÇA POR PRODUTO													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	1,224	-411	280	-854	186	-36	76	176	412	32	52	400
F1	P2	1,543	-518	353	-1,076	234	-45	96	108	542	132	66	504
F1	P3	585	-161	146	-445	97	-19	40	105	157	62	27	209
F1	P4	585	-197	134	-419	81	-15	33	38	218	14	72	191
F1	P5	1,117	-411	243	-732	169	-32	70	83	409	75	-2	348
F1	P6	213	-71	49	-148	32	-6	13	26	122	-40	9	70
F1	P7	53	-18	12	-37	8	-2	3	113	50	-136	2	17
F1		5,320	-1,787	1,216	-3,712	807	-155	333	649	1,909	138	227	1,738

DEMANDA BRUTA (Vendas - "S" - definidas em M1) E ESTOQUES INICIAIS														
		Período												
Família	Produto	EI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	995	1,370	946	1,272	278	494	452	541	746	1,226	1,263	1,324	1,789
F1	P2	866	1,728	1,193	1,603	350	623	570	683	808	1,439	1,593	1,669	2,256
F1	P3	692	655	493	663	145	258	236	282	404	586	659	691	933
F1	P4	606	655	452	608	121	215	197	235	280	533	549	633	856
F1	P5	952	1,251	822	1,106	254	451	413	494	591	1,066	1,153	1,151	1,556
F1	P6	173	238	164	221	48	86	79	94	124	267	220	230	311
F1	P7	43	60	41	55	12	21	20	24	155	213	55	58	78
F1		4,328	5,957	4,112	5,528	1,208	2,147	1,967	2,354	3,109	5,331	5,491	5,756	7,779

DEMANDA LÍQUIDA													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	1,598	535	1,551	0	104	417	618	922	1,639	1,295	1,376	2,189
F1	P2	2,405	674	1,956	0	131	526	779	916	1,982	1,724	1,735	2,760
F1	P3	548	332	809	0	54	217	322	509	743	721	718	1,142
F1	P4	635	256	742	0	0	179	269	318	751	563	705	1,047
F1	P5	1,416	412	1,349	0	142	381	564	674	1,475	1,228	1,149	1,903
F1	P6	278	93	270	0	18	72	107	150	389	179	239	381
F1	P7	69	23	67	0	5	18	27	269	263	0	60	95
F1		6,949	2,326	6,745	0	453	1,810	2,687	3,758	7,240	5,710	5,983	9,516

DEMANDA LÍQUIDA EM % (Já considerando ES)													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	23%	23%	23%	0%	23%	23%	23%	25%	23%	23%	23%	23%
F1	P2	35%	29%	29%	0%	29%	29%	29%	24%	27%	30%	29%	29%
F1	P3	8%	14%	12%	0%	12%	12%	12%	14%	10%	13%	12%	12%
F1	P4	9%	11%	11%	0%	0%	10%	10%	8%	10%	10%	12%	11%
F1	P5	20%	18%	20%	0%	31%	21%	21%	18%	20%	22%	19%	20%
F1	P6	4%	4%	4%	0%	4%	4%	4%	4%	5%	3%	4%	4%
F1	P7	1%	1%	1%	0%	1%	1%	1%	7%	4%	0%	1%	1%
F1		100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1		6,949	2,326	6,107	0	450	1,812	2,687	3,758	6,642	5,629	5,752	5,681

PRODUÇÃO PARA VENDAS E ES													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	1,598	535	1,405	0	103	417	618	922	1,503	1,276	1,323	1,307
F1	P2	2,405	674	1,771	0	130	526	779	916	1,818	1,700	1,668	1,648
F1	P3	548	332	733	0	54	218	322	509	682	711	690	682
F1	P4	635	256	672	0	0	179	269	318	689	555	678	625
F1	P5	1,416	412	1,221	0	141	381	564	674	1,353	1,210	1,105	1,136
F1	P6	278	93	244	0	18	73	107	150	357	177	230	227
F1	P7	69	23	61	0	4	18	27	269	241	0	58	57
F1		6,949	2,326	6,107	0	450	1,812	2,687	3,758	6,642	5,629	5,752	5,681

PRODUÇÃO PARA ESTOQUE													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1		0	638	0	0	0	0	642	3,037	0	985	0	0

PRODUÇÃO PARA ESTOQUE													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	0	133	0	0	0	0	149	693	0	227	0	0
F1	P2	0	163	0	0	0	0	180	877	0	286	0	0
F1	P3	0	69	0	0	0	0	78	356	0	118	0	0
F1	P4	0	53	0	0	0	0	66	327	0	112	0	0
F1	P5	0	123	0	0	0	0	127	616	0	193	0	0
F1	P6	0	23	0	0	0	0	26	125	0	39	0	0
F1	P7	0	11	0	0	0	0	16	43	0	10	0	0
F1		0	574	0	0	0	0	642	3,037	0	985	0	0

PRODUÇÃO TOTAL													
		Período											
Família	Produto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1	P1	1,598	667	1,405	0	103	417	767	1,615	1,503	1,503	1,323	1,307
F1	P2	2,405	838	1,771	0	130	526	959	1,794	1,818	1,985	1,668	1,648
F1	P3	548	401	733	0	54	218	400	865	682	829	690	682
F1	P4	635	308	672	0	0	179	335	645	689	667	678	625
F1	P5	1,416	535	1,221	0	141	381	691	1,289	1,353	1,404	1,105	1,136
F1	P6	278	116	244	0	18	73	134	276	357	216	230	227
F1	P7	69	34	61	0	4	18	43	312	241	10	58	57
F1		6,949	2,900	6,107	0	450	1,812	3,329	6,794	6,642	6,614	5,752	5,681

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J.R.T. **Introduction to Materials Management**. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BUFFA, E.S.; MILLER, J.G. **Production – Inventory Systems: Planning and Control**. Illinois: Richard D. Irwin Inc, 1979.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 2002.

HAX, A. C.,; CANDEA, D. **Production and Inventory Management**. New Jersey: Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1984.

HAX, A.C.; MEAL, H.C. Hierarchical integration of production planning and scheduling. **TIMS Studies in Management Science**, Vol. I , 1975.

GRAMIGNA, W.A.S. **Planejamento Agregado de Produção em uma Empresa do Setor Alimentício**. 2002. Trabalho de Formatura – Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

HOOP, W.J.; SPEARMAN, M.L. **Factory Physics: foundations of manufacturing management**. 2.ed. New York: Irwin McGraw-Hill, 2000.

KIYUZATO, L. **Aplicações de Modelos de Previsão de Demanda em Empresa com Vendas Sazonais**. 2001. Trabalho de Formatura – Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

MESQUITA, M.A; SANTORO, M.C. Análise de modelos e práticas de planejamento e controle da produção na indústria farmacêutica. **Revista Produção**. Vol. 14, n. 1, pp. 64-76, 2004.

MORTON, T. E. **Production Operations Management**. Ohio: South-Western College Publishing, 1999.

ÖZDAMAR et al. A hierarchical decision support system for production planning (with case study). **European Journal of Operational Research**. Vol. 104, pp. 403-422, 1998.

PORTER, M.E. **Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

SANTORO, M.C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – Introdução e Informações Básicas**. Apostila da disciplina PRO 2412 – Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2003.

WINTER, R. **Multi-stage production controlling based on continuous flexible abstraction hierarchies**. Research Report 94-17 – Institut Ftir Wirtschaftsinformatik, Johann Wolfgang Goethe University, Germany, 1994.