

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado e extremamente competitivo em que as empresas disputam espaço, clientes, reconhecimento e acima de tudo, condições de permanecer competitivas e lucrativas no mercado, é fundamental o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem essas empresas na tomada de decisões para que estas, sejam o mais vantajosas possível.

As mudanças nos sistemas produtivos acontecem a todo instante, propondo inovações tecnológicas principalmente para produção e comunicação, forçando as empresas não só a permanecerem atentas, mas também a reciclarem quase que constantemente seus conceitos, em benefício da produtividade. Essas mudanças que, de forma geral, ocorrem em função do aperfeiçoamento de tecnologias existentes, exigem investimento, mas trazem quase que invariavelmente resultados benéficos em produtividade e competitividade. Ou seja, as para as empresas se manterem realmente atuantes, em geral devem incorporar os avanços científicos e tecnológicos e explorar os benefícios que esses avanços podem trazer.

Em uma fábrica, o conjunto de fatores importantes envolvidos no processo de produção é enorme, porém, finito. Pode-se citar: demandas com prazos estreitos e com grande variação à cada período, aquisição e estoque de insumos ou matérias primas e estoque de produtos acabados, utilização adequada e otimizada do maquinário e da mão-de-obra disponível nos diferentes períodos e também utilização adequada do espaço físico disponível na empresa para estoque. Como todo o processo tem custos, tem-se que considerar os custos de estocagem e a avaliação do estoque como capital. Segundo LIMA(2001), "O estoque se destaca como sendo um item alvo para redução de custos, não apenas pela sua relevância dentro do custo total frente à margem das empresas, mas principalmente, pelo valor imobilizado nesta conta do ativo o que afeta diretamente o retorno sobre o capital dos acionistas". Nesse contexto, a administração de produção deve buscar um plano estratégico visando chegar a um plano de metas. De acordo com TUBINO(2000), o planejamento estratégico deve buscar os melhores resultados das operações e minimizar os riscos das tomadas de decisões, sendo que as

suas decisões afetam a empresa a longo prazo e desencadearão mudanças na natureza e característica da empresa, sempre respeitando as forças, os limites e as habilidades no relacionamento com o meio ambiente, de maneira a criar vantagens competitivas.

Modelos matemáticos de planejamento de produção têm grande aplicabilidade no contexto citado acima. Quando a administração da produção se depara com a um grande número de fatores que afetam direta ou indiretamente suas decisões, percebe-se a impossibilidade de se tomar decisões ótimas sem que se tenha uma descrição fiel e uma visão detalhada de tudo o que cerca a produção.

O desenvolvimento deste trabalho deu-se no momento em que a empresa de produtos alimentícios VALE FERTIL permitiu, através do fornecimento de informações e permissão para visitas, que fosse feito um estudo para utilização de um modelo matemático que trabalhasse com todos os fatores envolvidos no dia-a-dia da administração da produção. Através destas informações e das visitas realizadas, foi formulado um modelo de programação linear misto e multi-objetivo com suas restrições, funções e variáveis de decisão, para se adequar a esta situação. Através das visitas realizadas à fábrica, fora listado um conjunto de informações que, em seguida, foram utilizadas na construção das equações, tais como:

- o planejamento de produção encontrado é de curto prazo;
- a demanda é cumprida diariamente;
- a reposição dos estoques de produtos é feita através de produção na própria fábrica ou através de importação de produtos prontos da Argentina;
- para produzir na própria fábrica, a empresa possui duas máquinas com produtividade diferente;
- a importação tem restrições quanto a quantidade mínima de caixas e também para os dias da semana, dentre outras informações que serão apresentadas no decorrer do trabalho.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Formular um modelo multicritério de programação matemático para planejamento de produção de curto prazo para uma empresa do setor de alimentos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar o problema da empresa através de um modelo de *programação linear misto*, que considere os inúmeros fatores envolvidos no planejamento de produção, como controle dos estoques de recursos, controle dos estoques dos produtos acabados, uso adequado do tempo disponível das máquinas, uso adequado do espaço físico para os estoques reduzindo custos de produção e importação e estocagem simultaneamente, decidindo o que deve ser importado pronto da Argentina e o que deve ser produzido na fábrica do Brasil;
- escrever o código computacional na linguagem LINGO para resolver o modelo citado;
- analisar os resultados através do emprego do modelo em três cenários.

1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O estudo da viabilidade da aplicação de um modelo matemático de *Programação Linear Misto* para planejamento de produção, desenvolvido neste trabalho, tem a finalidade de demonstrar como um conjunto de restrições físicas e logísticas, que de forma geral são comuns no dia-a-dia de uma fábrica podem ser quantificadas e transformadas em restrições matemáticas a serem incluídas no modelo.

O planejamento de produção de curto prazo desenvolvido neste trabalho é parte relevante no planejamento estratégico da empresa, pois avalia diariamente as decisões a serem tomadas da maneira mais racional possível, dando assim corpo e estrutura para um planejamento de longo prazo eficiente.

A partir do modelo matemático desenvolvido, será possível direcionar o setor de produção da empresa, no sentido de se obter uma maior eficácia no controle dos estoques, na administração do tempo de funcionamento das máquinas e, ainda, uma maior segurança no cumprimento da demanda diária dos produtos acabados.

Segundo SOLZA(1996): “A freqüência de variação da demanda constitui um sério problema para a programação da produção.” A solução mais adotada pelas empresas é a produção em grandes lotes. Só que esta solução não é compatível com o fator, “capital escasso”, e, além disso, existem outros fatores envolvidos como: imprevisibilidade da demanda, custos associados ao estoque, entre outros. Surge mais um problema, o dimensionamento dos estoques, que pode ser visto através da “determinação do nível ótimo de estoques, resultante do balanceamento, em termos de custos, das vantagens e desvantagens da empresa investir em estoques”, (SOLZA, 1996).

O que se observa é que quanto maior o nível do estoque, mais fácil se torna a administração da produção, mas em contrapartida tem-se o grande volume de capital imobilizado, além dos custos de armazenagem. E, ainda, segundo TAICHI OHNO(1997), grandes quantidades de estoque podem acobertar problemas no sistema produtivo, como grande número de produtos defeituosos, desperdício no uso dos recursos e produtividade abaixo da real capacidade produtiva.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está distribuído em cinco capítulos, sendo que o capítulo I refere-se à introdução, objetivos, justificativa da dissertação e ainda apresenta a estrutura do presente trabalho, já o segundo capítulo apresenta uma revisão de literatura relacionada a planejamento de produção, *Pesquisa Operacional e Programação Linear Mista*. O capítulo III faz uma apresentação detalhada do modelo desenvolvido para a empresa de produtos alimentícios, e o quarto capítulo apresenta estudos de casos onde o modelo matemático será empregado com os resultados obtidos através do modelo e as

respectivas análises dos resultados. O capítulo V refere-se a conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será feita uma breve revisão bibliográfica de trabalhos de planejamento de produção, gerais e específicos, e de modelos de *Programação Linear*. Também será feita uma apresentação de sistemas de produção clássicos relacionados ao planejamento de produção.

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

Planejamento e Controle de Produção (PCP) é um conceito extremamente abrangente. No que se refere ao funcionamento de uma empresa, o PCP possui tentáculos em praticamente todas as partes envolvidas na administração. Controle dos estoques, aquisição de materiais, finanças, entre outros. Ainda abrangente, no que diz respeito a uma variedade de tipos de empresas, desde fábricas, até empresas prestadoras de serviços necessitam deste tipo de planejamento para poder enfrentar de forma racional, os problemas na administração de negócios. Para realizar suas metas, o PCP pode atuar em uma série de funções operacionais, que vão desde o projeto dos produtos, o controle dos estoques, seleção e contratação de funcionários, até definição de estratégias de marketing.

Para atingir seus objetivos, o PCP lida com informações geradas por diversas áreas do sistema produtivo. O marketing, por exemplo, fornece informações sobre planos de vendas e pedidos. O setor de finanças agrega informações sobre plano de investimentos e fluxo de caixa, o setor de recursos humanos informa sobre a disponibilidade da mão de obra e o setor de compras informa sobre as quantidades de matéria prima e recursos disponíveis.

Segundo SLACK e CHAMBERS (2001), todos os tipos de operações produtivas podem ser interpretadas como: “ Processos que transformam recursos de entrada (input) em recursos de saída (output)” ou seja “ Todos os recursos de entrada possuem recursos transformadores, que podem ser constituídos por combinações de

materiais, informações e consumidores”, ou ainda, “Todas as operações podem ser divididas em microoperações, que formam uma rede de relacionamentos de consumidores-fornecedores internos dentro da operação” .

2.2 ALGUNS SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO

“Os *Sistemas de Administração da Produção* (SAP) representam uma parte crítica da função de manufatura dentro das organizações”, segundo CORRÊA e GIANESI (1993). O SAP desempenha papel importante dentro das empresas, pois coordena a manufatura e suas decisões interferem diretamente no desempenho desta. Diferentes objetivos podem ser almejados pelas empresas, sendo que esses objetivos refletem de certa forma os diferentes segmentos de mercado que elas pretendem atingir. A compreensão destas diferenças é crucial para uma estratégia com melhor adequação à manufatura e, assim, melhores resultados práticos.

A seguir, serão apresentadas a filosofia dos principais *Sistemas de Administração de Produção* e as suas principais diferenças, a saber: *Just in Time* (JIT), *Material Requirements Planning* (MRP), *Optimized Production Technology* (OPT).

2.2.1 JUST IN TIME

O “*Just In Time*”(JIT) surgiu no Japão nos meados da década de 70, durante um período de crise econômica, sendo atribuído à Toyota Motor Company o seu desenvolvimento, que tinha por objetivo desenvolver um sistema de produção eficiente e capaz de:

- cumprir a demanda com o mínimo nível de estoques;
- eliminar desperdícios;
- manter a manufatura com fluxo contínuo;
- fazer melhorias constantes dos processos de produção, eliminando problemas.

Neste sistema, persegue-se um processo de fluxo em que, “as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo pode chegar a estoque zero.” (OHNO, 1997).

Segundo HUGE e ANDERSON (1993) “O JIT é um processo em andamento contínuo (não um programa que implique uma única ocorrência) para melhorar a produtividade e a qualidade em uma fábrica, com enfoques nos processos de aperfeiçoamento da produção. Redução de estoque é um subproduto do aperfeiçoamento da produtividade e da qualidade.”

Essa meta de diminuição dos estoques é motivada não só pela redução de custos e pelo capital imobilizado que um grande estoque representa, mas também, pelos problemas que uma grande quantidade de produtos armazenados pode acobertar, como desperdício de recursos, grande quantidade de produtos defeituosos, maquinário e mão de obra desnecessários.

O grande objetivo do JIT segundo OHNO (1997) é “reduzir a linha do tempo” (*lead times*) que fica entre o pedido do cliente e o pagamento, “removendo os desperdícios que não agregam valor” e trazendo benefícios em custo, flexibilidade, velocidade e confiabilidade. Para isso esse sistema de produção exige um desenho detalhado das metas e restrições da produção, para que possa visualizar os objetivos do fim para o começo, assim sincronizar as exigências da demanda com a capacidade de produção, isso com o mínimo de *lead times*. (GELDERS e WASSENHOVE, 1985).

Segundo CORRÊA e GIANESI (1993), “as principais limitações do JIT estão ligadas à flexibilidade de faixa do sistema produtivo”, ou seja, a variedade de produtos e as oscilações da demanda podem oferecer obstáculos para a implantação deste sistema.

Uma das principais diferenças entre os sistemas tradicionais e o JIT é que os sistemas tradicionais têm a característica de “empurrar” a produção de cada lote a partir do cálculo das necessidades de materiais, considerando ainda a prioridade na ordem de produção, enquanto o JIT “puxa” a produção dos lotes, a partir da demanda. Sendo assim, “o lote só é processado por uma operação se ele é requerido pela operação subsequente do processo.” (CORRÊA e GIANESI, 1993)

2.2.2 MRP II

MRP (*Material Requirements Planning*) ou cálculo das necessidades de materiais e MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) ou planejamento dos recursos de manufatura, são, dentre os Sistemas da Administração da Produção (SAP) de grande porte, os que são implantados com maior frequência, segundo (CORRÊA e GIANESI, 1993).

Este sistema, que se baseia no cálculo de necessidades, visa, assim como o JIT, ao cumprimento da demanda com o mínimo de formação de estoques, planejando compras e a produção nos momentos e quantidades necessárias para poder cumprir as metas. Para isso, o MRP II tem como princípio “o cálculo das necessidades, a partir de uma técnica de gestão, viabilizado com o uso de computadores” (CORRÊA e GIANESI, 1993), das quantidades e momentos em que são necessários os recursos de manufatura (materiais, pessoas, equipamentos, entre outros) com a menor formação de estoque possível, (CORRÊA, 1988).

O início do processo desse sistema acontece quando a administração da produção pode determinar a necessidade dos recursos a partir do plano de produção, sendo que essa quantidade é subtraída do estoque disponível, determinando os pedidos. Esses cálculos levam em consideração os tempos de processamento adequados, exigidos para processar ou conseguir os recursos, (HUGE e ANDERSON, 1993).

O funcionamento do MRP II dá-se através do detalhamento sucessivo dos planos de longo prazo, até que se chegue ao nível de recursos necessários. Esses sistemas, de maneira geral, são disponibilizados no mercado através de sofisticados pacotes para computador, que geralmente são separados por módulos interligados entre si, (CORRÊA e GIANESI, 1993).

Segundo NEELY e BYRNE (1992), muitos artigos apontam inúmeros problemas no sistema MRP II, que na verdade são problemas não desse sistema, mas da forma como ele é adotado em determinadas empresas, que contam com situações quase irreais, como, por exemplo, intervalos constantes entre as entregas dos fornecedores ou com máquinas sempre disponíveis.

De acordo com NEELY e BYRNE (1992), o MRP II é um sistema que tem por finalidade auxiliar as empresas na decisão de quando e quanto de cada recurso e matéria prima deve estar disponível durante o período de planejamento.

2.2.3 OPT

OPT é a sigla para *Optimized Production Technology*, uma técnica de gestão da produção desenvolvida por um grupo de pesquisadores israelenses segundo CORRÊA e GIANESI (1993). Dentre eles o físico Eliyahu Goldratt, principal divulgador de seus princípios. A sigla cujo nome poderia ser traduzido como *Tecnologia de Produção Otimizada*, não se trata necessariamente de uma técnica otimizatória. Esta técnica é baseada em uma série de procedimentos com resultados não exatos, cujos detentores dos direitos de exploração do sistema nem mesmo tornaram público até o momento, segundo CORRÊA e GIANESI (1993). O sistema denominado OPT tem como objetivo ganhar dinheiro e, para isso, se baseia em nove princípios listados na quadro 1:

QUADRO 1: OS NOVE PRINCÍPIOS DO OPT, (CORRÊA e GIANESI, 1993)

1. Balanceie o fluxo e não a capacidade.
2. A utilização de um recurso não gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por uma outra restrição do sistema (por exemplo, um gargalo).
3. Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos.
4. Uma hora é uma hora ganha para o sistema global.
5. Uma hora ganha num recurso não gargalo não é nada, é só uma miragem.
6. O lote de transferência pode não ser e, freqüentemente, não deveria ser, igual ao lote de processamento.
7. O lote de processamento deve ser variável e não fixo.
8. Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema todo, mas também definem seus estoques.
9. A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não seqüencialmente. *Lead-Times* são um resultado da programação e não podem ser assumidos a priori.

Este sistema concentra seus esforços na busca e maximização dos chamados gargalos da manufatura, ou seja, busca maximizar os pontos que restringem um melhor

desempenho da produção, assim maximizando o fluxo total de produção, segundo LUCERO(2001).

Segundo HUGE e ANDERSON (1993), os princípios do OPT isolados não levariam uma empresa à categoria mundial, pois, seguindo esses princípios, a companhia tende a contornar problemas existentes em vez de se concentrar nas raízes dos mesmos.

2.3 PESQUISA OPERACIONAL.

A *Pesquisa Operacional* é uma área de estudos e aplicações bastante abrangente e, muitas vezes, refere-se ao acompanhamento constante de atividades diárias de uma organização. Alguns exemplos de aplicações de *Pesquisa Operacional* estão ligados à programação de produção, controle de estoques, roteamento de veículos, contratação de empregados de instalações de serviços, como nos trabalhos de JOLAYEMI e OLORUNNIWO (2003) entre outras. Segundo WAGNER(1986), muitos estudos de pesquisa operacional também afetam decisões indiretas, comumente tendo caráter de planejamento.

O presente trabalho, por estar relacionado com planejamento de produção de curto prazo, faz uso de técnicas de *Pesquisa Operacional*, mais especificamente *Programação Linear Mista*, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões diárias em uma empresa que envasa produtos alimentícios.

2.4 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Modelos de *Programação Linear* são modelos matemáticos constituídos por variáveis contínuas não negativas, que se relacionam por equações ou inequações lineares. As variáveis do modelo também chamadas de variáveis de decisão são escolhidas a partir da compreensão do problema. Ainda é determinada uma função, destas variáveis, denominada função objetivo (PUCCINI, 1990).Abaixo um modelo geral de programação linear em notação matricial:

$$\max Z = c^T \cdot x$$

sujeito a:

$$Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

em que A ($m \times n$) é chamada matriz tecnológica;

x ($n \times 1$) é o vetor das variáveis de decisão;

b ($m \times 1$) vetor dos recursos;

c ($n \times 1$) é o vetor dos coeficientes da função objetivo Z .

2.4.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR MISTA

Um modelo de *Programação Linear Mista* é um modelo de *Programação Linear*, no qual algumas variáveis são contínuas e outras inteiras.

O modelo matemático que será apresentado neste trabalho, é um modelo *Programação Linear Mista*, pois os valores para algumas das variáveis, sofrem são restritos a 0 ou 1. Isto ocorre pelos seguintes motivos:

- para evitar perda de tempo de produção, o modelo não permite que uma mesma máquina envase mais do que dois produtos diferentes em um mesmo dia. E caso sejam fabricados dois produtos diferentes, o modelo desconta uma hora do tempo de produção (devido aos ajustes a serem feitos na máquina para trocar a linha de produção). Para isso, foram vinculadas variáveis binárias b_{i1}^k e b_{i2}^k , as variáveis de produção x_{i1}^k e x_{i2}^k , respectivamente, sendo que quando $b_{i1}^k=1$, o produto i será fabricado no dia k , pela máquina 1 e quando $b_{i1}^k=0$, o produto i não será fabricado no dia k pela máquina 1 (análogo para a máquina 2), para que através de restrições, que serão apresentadas no capítulo 3, se consiga o resultado desejado;

- uma outra restrição referente à importação de produtos prontos também exigiu a vinculação de variáveis binárias b_{i3}^k , as variáveis responsáveis pela quantidade importada x_{i3}^k , sendo que se $b_{i3}^k=1$ então o produto i será importado com chegada prevista para o dia k , e caso $b_{i3}^k=0$, o produto i não deve ser importado no dia k , pois existe uma quantidade mínima de caixas de produtos exigida para que se efetue um pedido. Sendo assim, foram criadas as restrições do tipo:

$$x_i^k \geq b_i^k \cdot P \quad \forall i, \forall k \quad x_i^k \leq b_i^k \cdot M \quad \forall i, \forall k,$$

com P o valor mínimo a ser importado, e M , um valor grande que permite que qualquer quantidade seja importada.

2.4.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR MULTI-OBJETIVO

Um problema de programação multi-objetivo pode ser representado da forma:

$$\text{Max } \{ z_1(x), z_2(x), \dots, z_n(x) \}, \quad x \in \Omega$$

onde

x : variável de decisão;

Ω : conjunto de alternativas possíveis;

$\{z_1(x), z_2(x), \dots, z_n(x)\}$: conjunto de critérios avaliados.

As soluções obtidas poderão ser dominadas ou não dominadas. Uma solução é não dominada quando não existe uma outra solução factível que melhore um dos objetivos sem haver um decréscimo em pelo menos um outro objetivo. Então dado um conjunto de soluções factíveis Ω , o conjunto de soluções não dominadas S , é definido como segue:

$S = \{ x : x \in \Omega, \text{ não existe outro } y \in \Omega \text{ tal que } z_h(y) > z_h(x) \text{ para qualquer } h \in \{1, 2, \dots, n\} \text{ e } z_j(y) \geq z_j(x) \text{ para todo } j \neq h \}$. Caso contrário, a solução é dita dominada e o conjunto das mesmas, conjunto das soluções dominadas.

Alguns métodos para gerar um conjunto de soluções não dominadas estão descritos em GOICOECHEA (1982): Método dos pesos, método da restrição ε , método multi-objetivo linear de Phillips, método multi-objetivo linear de Zeleny. Os dois

primeiros podem ser utilizados quando as funções objetivos e as restrições não são lineares e os dois últimos são usados quando temos somente funções objetivos e restrições lineares.

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

A *Pesquisa Operacional* e, mais especificamente, a *Programação Matemática* têm aplicações em planejamento da produção, como pode ser observado nos vários trabalhos da literatura especializada e que serão apresentados a seguir:

OLIVEIRA(2000) aplica *Goal Programming* em um problema de planejamento florestal através de um estudo de caso realizado em uma fazenda no Paraná. As áreas dessa fazenda podem ser utilizadas para inúmeras finalidades, dentre elas o corte de madeira (Pinus e de espécie nativas), folhas (erva-mate), pastagens e turismo. Preocupando-se com a questão ambiental e a manutenção dos empregos existentes, foi formulado um modelo de *Programação Linear Multiobjetivo* que decide qual é a melhor designação do uso de cada área.

RANDHAWA e BJARNASON(1993) combinam *Programação Linear e Simulação* para planejamento de rotas e distancias, em viagens de pesca. O modelo de *Simulação* analisa as possíveis rotas para os barcos, os locais de lançamento para as redes de pesca entre outras coisas, e os dados de saída destas simulações servem como dados de entrada para o modelo de *Programação Linear* que decide os possíveis níveis de produção para maximizar os rendimentos da empresa.

KALPIC, MORNAR, e BARANOVIC(1995), utilizam um modelo de *Programação Linear Multi-Objetivo* para decidir dentre os diferentes processos de produção qual será o menos dispendioso em custo, maximizando a produção, e ainda arquivando o balanço de materiais, numa fábrica de peças plásticas para automóveis. Esse modelo tem restrições que consideram questões como tempo de produção, estoque de matéria prima e custos, citando somente algumas.

JENSSON(1988) utiliza *Programação Linear* para planejamento de produção diário para produtos de pesca, baseando-se na previsão da demanda futura. O horizonte de planejamento é cinco dias e o que o modelo pretende é maximizar lucros.

TANG, LIU, RONG, ZIHOU(2000) apresentam um modelo matemático para produção, baseado nas idéias do *Just In Time*. O modelo é desenvolvido como um modelo de *Programação Não Linear* baseado em situações de produção reais, em uma fábrica, visando ao cumprimento pontual da demanda e a um processo de continuidade e alta velocidade na produção de peças de ferro e aço. O modelo desenvolvido é convertido em um modelo de *Programação Linear* para ser resolvido por pacotes de *software* padrão.

A partir da revisão destes e outros trabalhos, das visitas e informações colhidas durante as visitas à empresa e do estudo de diversos sistemas de produção existentes, foi desenvolvido um modelo de programação linear mista para planejamento de produção para esta empresa de produtos alimentícios do Paraná, que será apresentado a seguir.

2.6 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O presente trabalho desenvolve um modelo matemático que auxilia na tomada de decisões relativas à produção, controle de estoque, aproveitamento dos recursos, importação de produtos acabados e atendimento de demandas em uma empresa de produtos em conserva.

O problema se caracteriza por uma vasta teia de fatores que influenciam diretamente as decisões diárias, decisões essas que afetam o desempenho e o potencial competitivo da empresa em questão. Esses fatores serão listados abaixo:

- para cumprir a demanda diária, o setor de logística pode decidir entre produzir, de acordo com os recursos disponíveis ou importar os produtos da Argentina já acabados, logicamente respeitando os prazos e a diferença de custos inerentes às duas opções;

- ao optar por produzir na própria fábrica, além de respeitar a disponibilidade dos recursos (leia-se principalmente tempo e insumos), é fundamental que se produza quantidades tais que minimizem as trocas de linha de produção, pois a cada troca de linha, é desperdiçada uma hora do tempo diário para que sejam feitos os reajustes na máquina utilizada;
- se a opção for por importar os produtos acabados, deve-se respeitar duas restrições:
 - uma quantidade mínima de cada produto por pedido, já que os produtos são transportados por caminhão;
 - o fato dos produtos só chegarem na fábrica às quintas, sextas e sábados;
- o controle dos estoques dos produtos prontos deve respeitar além do espaço físico, uma quantidade pré-determinada que neste trabalho será denominado *estoque regulador*, o qual será determinado a partir dos seguintes fatores:
 - o histórico de pedidos feitos depois que a demanda determinada para o funcionamento do modelo for definida. Para estes pedidos será dado o nome de *demanda aleatória*;
 - o histórico de falhas no funcionamento das máquinas, e qualquer fator aleatório que implique em não cumprimento das determinações do modelo.

Além de se basear nas situações de produção encontradas na empresa em que é pretendida a sua aplicação, o modelo matemático também se baseou nas filosofias dos sistemas de produção como o *Just In Time*, o MRP II e o OPT. Esses sistemas, apesar de diferentes, tem alguns objetivos em comum, como a redução de estoques, busca de eficiência máxima no cumprimento de prazos, produção em lotes com dimensões determinadas de acordo com as necessidades e que dinamizem a produção e diminuam a perda de tempo.

No próximo capítulo será apresentado o modelo matemático que foi desenvolvido ao longo deste projeto.

CAPÍTULO III

3 DESCRIÇÃO DO MODELO

No desenvolvimento do modelo de *Programação Linear Multi-Objetivo* que será apresentado neste capítulo, procurou-se seguir com o máximo de fidelidade possível na construção das restrições, as direções traçadas pelo setor de produção da fábrica cujo modelo pretende-se empregar. Situações como diminuição do tempo disponível para cada máquina nas trocas de linha de produção, limite máximo e mínimo para importação entre outros, foram incorporados às restrições de forma a dar mais rigor aos resultados. Essas restrições, na medida que foram se tornando necessárias, trouxeram com elas um maior número de variáveis, dentre elas, variáveis binárias. Essas por sua vez tornaram o modelo mais “pesado” computacionalmente. Sendo assim, começaram a surgir dificuldades para implementação do modelo em testes com um maior número de variáveis impedindo testes em algumas situações reais, para que se possa realmente verificar o funcionamento e desempenho do modelo nas situações para as quais ele foi concebido.

O modelo matemático apresentado tem as características discutidas abaixo:

- o auxílio, no que se refere à tomada de decisões sobre produção, em detrimento das importações. Para isso, o modelo faz todo o controle dos estoques diário de produtos acabados disponíveis para venda, e também, de insumos e matéria prima, indicando as quantidades desses recursos que devem ser repostas no estoque diariamente para o bom andamento da manufatura. Este controle sobre os recursos é essencial, pois influencia diretamente a capacidade de produção, e ainda tem influência relevante na definição dos custos, pois no modelo geral foi considerado o custo de estocagem de recursos;
- o dimensionamento dos estoques de produtos e insumos, para que sejam mantidas as quantidades ideais que cumpram a demanda, minimizando custos referentes às despesas de estoque. E ainda, relevando desvalorização do capital

que representa o estoque, considerando aqui não só os produtos acabados, mas também os recursos;

- o modelo ainda otimiza a utilização do tempo, considerando que no máximo poderá haver uma troca de linha de produção, durante cada dia. E caso essa troca aconteça, será levado em consideração o tempo de aproximadamente uma hora, utilizado na troca dos recursos que devem ser disponibilizados para as máquinas durante a produção;
- no caso das importações, os pedidos só podem chegar nas quintas, sextas e sábado e sempre com a quantidade mínima de P unidades de um mesmo produto (capacidade média para um único caminhão);
- o modelo é de curto prazo, para ser executado no momento que houver definição da demanda do período que se pretende planejar. É importante salientar que o modelo deve ser rodado com uma certa antecedência ao período de planejamento, pois ele somente define as datas, em que os recursos utilizados na produção, ou produtos prontos importados, devem estar disponíveis nos seus respectivos estoques, sem considerar o tempo que estes levam desde o pedido realizado pelo setor de produção, até a chegada na fábrica;
- deve ser avaliado um estoque inicial de produtos e recursos disponíveis para que o modelo possa ser executado. Para isso, o modelo conta com o estoque regulador e com cálculos prévios realizados pelo setor de produção.

Os controles dos estoques de produtos citados giram em torno de um valor constante chamado estoque regulador, valor esse a ser determinado a partir de informações fornecidas pela empresa a que o modelo se destina.(pagina 23)

3.1 OS ÍNDICES

No desenvolvimento do modelo foram criados três índices para o conjunto de variáveis e dados utilizados.

$i = 1, 2, \dots, p$ referente ao produto acabado, sendo p o número máximo de produtos da fábrica;

$j = 1, 2, \dots, r$ referente aos recursos, sendo r o número máximo de recursos utilizados na produção;

$k = 1, 2, \dots, h$ referente ao dia k , sendo h o período total de planejamento.

3.2 AS VARIÁVEIS

Estas são as variáveis de decisão que foram criadas partir da definição da função objetivo, e das restrições envolvidas no modelo.

- (1) y_j^k : compra do recurso j recebido no dia k .
- (2) x_{i1}^k : quantidade do produto i produzido no Brasil no dia k , na máquina 1 (em caixas).
- (3) x_{i2}^k : quantidade do produto i produzido no Brasil no dia k , na máquina 2 (em caixas).
- (4) x_{i3}^k : quantidade do produto i importado da Argentina recebido no dia k (em caixas).
- (5) b_{i1}^k : variável binária. Se $b_{i1}^k=1$, o produto i deve ser produzido no dia k , pela máquina 1.
- (6) b_{i2}^k : variável binária. Se $b_{i2}^k=1$, o produto i deve ser produzido no dia k , pela máquina 2.
- (7) b_{i3}^k : variável binária. Se $b_{i3}^k=1$, o produto i deve ser importado para ser recebido dia k .
- (8) r_j^k : estoque de recurso j , disponível no início do dia k .

(9) e_i^k : estoque do produto i , disponível no início do dia k .

3.3 OS DADOS DE ENTRADA

Os dados de entrada dependem de informações fornecidas pelo setor de produção da empresa e, para a execução do modelo, serão necessárias informações referentes ao estoque inicial, tempo médio de produção, custos de produção, importação e estocagem, quantidades de recursos utilizados em uma unidade produzida de cada produto, espaço físico disponível, entre outras informações. Esses dados devem ser disponibilizados no bloco de notas do *WINDOWS*, para que possam ser acessados pelo software *LINGO* na execução do modelo.

(1) a_{ij} : quantidade do recurso j utilizado na produção de uma caixa do produto i .

(2) d_i^k : demanda do produto i , no dia k .

(3) c_i^k : custo de permanência em estoque de uma caixa do produto i no dia k .

(4) Er_i : estoque regulador do produto i , independente do dia.

(5) cp_{iB}^k : custo de produção no Brasil de uma caixa do produto i , no dia k .

(6) cp_{iA}^k : custo de importação da Argentina de uma caixa do produto i , com data de chegada prevista para o dia k .

(7) cr_j^k : custo de estocagem do recurso j , no dia k .

(8) C : capacidade do estoque de produtos em número de caixas.

(9) M : número grande associado à restrição auxiliar de troca de linha de produção.

(10) N : número mínimo de caixas de um mesmo produto em lote de importação.

(11) P : número pequeno associado à restrição auxiliar de troca de linha de produção.

(12) T_1^k : tempo disponível da máquina 1, no dia k , em segundos.

(13) T_2^k : tempo disponível da máquina 2, no dia k , em segundos.

(14) t_{1i} : tempo da máquina 1, usado na produção de uma unidade do produto i , em segundos.

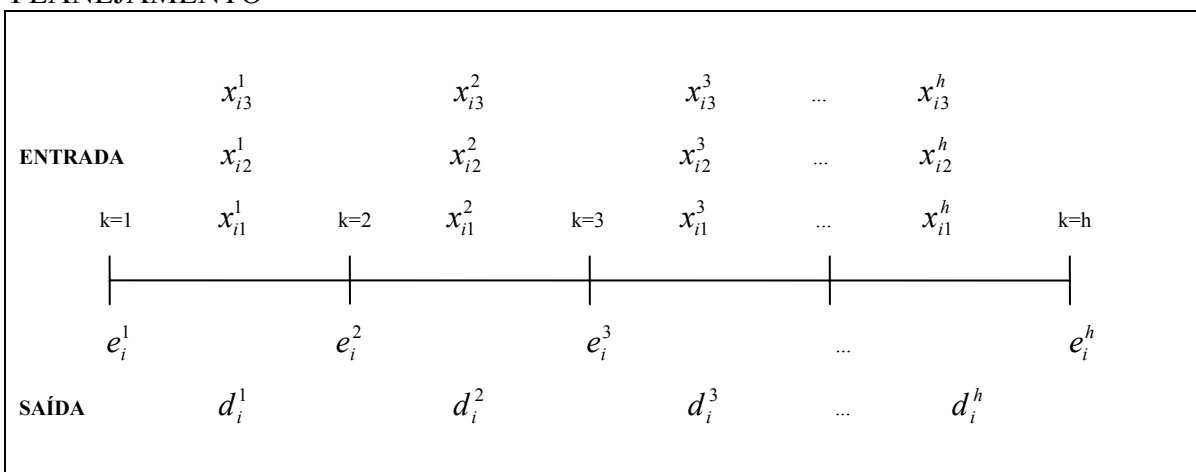
(15) t_{2i} : tempo da máquina 2, usado na produção de uma unidade do produto i , em segundos.

Considerou-se que:

- o estoque de produtos e recursos é avaliado todo dia no início da manhã;
- a demanda do dia k só utilizará recursos disponíveis em estoque no início do dia k ;
- a produção do dia k e as importações recebidas serão contabilizadas no estoque do dia seguinte ($k+1$) e não poderão ser utilizadas para atendimento da demanda considerada no dia k .

Na figura 1, está representado o período de planejamento e as respectivas variáveis envolvidas, sendo estas as variáveis relativas à produção, importação, estoque e demanda dos produtos.

FIGURA 1: ENTRADA E SAÍDA DE PRODUTOS NO PERÍODO DE PLANEJAMENTO



3.4 AS RESTRIÇÕES

A seguir, serão detalhadas todas as restrições do modelo de *Programação Linear Mista*, com as respectivas relações estabelecidas entre as variáveis.

3.4.1 RESTRIÇÕES DE CONTROLE DE ESTOQUE DE PRODUTOS

Esse conjunto de restrições garante o controle de entrada e saída de produtos acabados dos estoques, considerando o estoque mínimo (estoque regulador), o espaço físico, e a quantidade disponível suficiente para o cumprimento da demanda no início de cada dia.

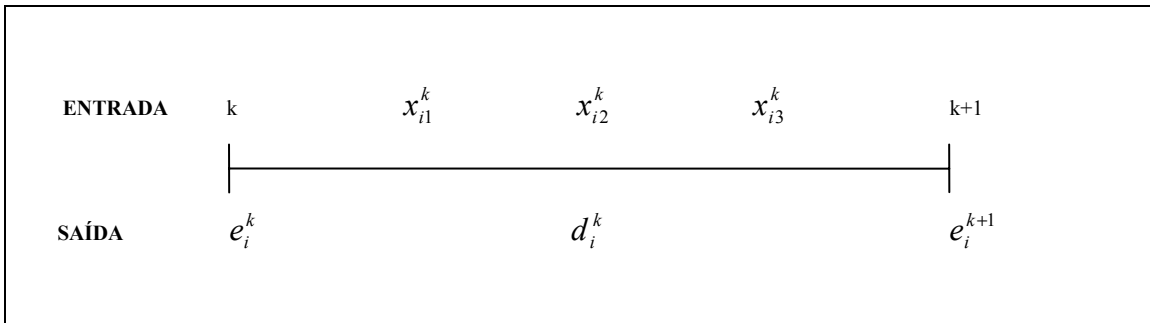
$$e_i^k \geq d_i^k \quad \forall i, \forall k.$$

Restrição que garante que a quantidade de estoque do produto i disponível no início do dia k é suficiente para cumprir a demanda deste dia, sem contar com a produção deste dia.

$$e_i^{k+1} = x_{i1}^k + x_{i2}^k + x_{i3}^k + e_i^k - d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

Função recursiva que define a quantidade do produto i que estará disponível em estoque no início do dia $k+1$ (e_i^{k+1}), a partir da soma das quantidades que serão produzidas durante o dia k (x_{i1}^k e x_{i2}^k) e importadas anteriormente, com chegada prevista para o mesmo dia (x_{i3}^k) e o estoque do dia anterior k (e_i^k), menos a demanda atendida no dia k (d_i^k), conforme figura 2.

FIGURA 2: DISPONIBILIDADE DO ESTOQUE PARA CUMPRIMENTO DA DEMANDA



$$e_i^k \geq Er_i \quad \forall i, \forall k$$

Restrição que mantém o estoque do produto i (e_i^k), sempre maior ou igual a uma constante chamada estoque regulador (Er_i). Constante essa que será determinada a partir de informações fornecidas pela empresa a que o modelo se destina. O estoque regulador será utilizado para situações críticas como:

- demandas urgentes (fora das situações previstas) a serem cumpridas durante o período de planejamento.
- emergências que gerem diminuição da produção programada pelo modelo no período de planejamento.
- nos cenários onde foram relaxadas as condições de integrabilidade nas restrições de importação, de modo a gerar pedidos de importação impossíveis de serem realizados nas datas estipuladas, por serem quantidades inferiores ao mínimo exigido para transporte.

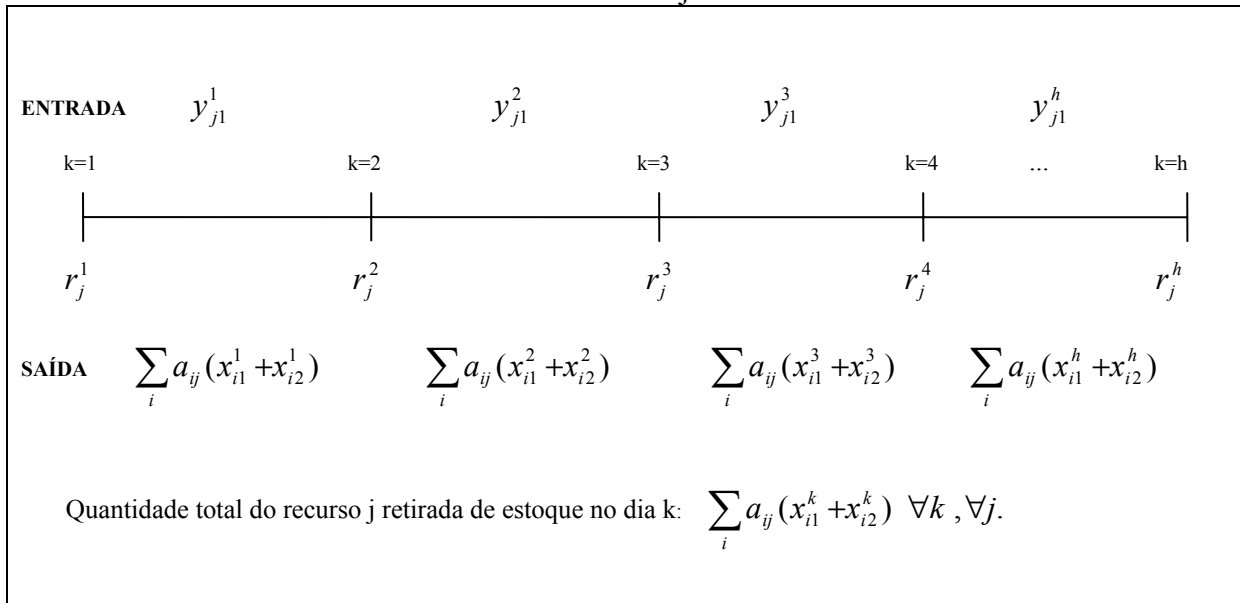
$$\sum_i e_i^k \leq C \quad \forall k$$

Restrição que determina que a soma de todos os produtos i estocados no dia k (e_i^k) seja menor ou igual à capacidade de estoque (C).

3.4.2 RESTRIÇÕES DE CONTROLE DE ESTOQUE DE RECURSOS

Estas restrições são responsáveis pelo controle dos níveis de estoque dos recursos que estarão à disposição da produção durante o período de planejamento e também pelas quantidades de cada recurso que deverão ser solicitadas para a reposição dos estoques. A figura 3 apresenta a dinâmica de entrada e saída de recursos destinados à produção no período de planejamento.

FIGURA 3: ENTRADA E SAÍDA DO RECURSO j NO PERÍODO DE PLANEJAMENTO



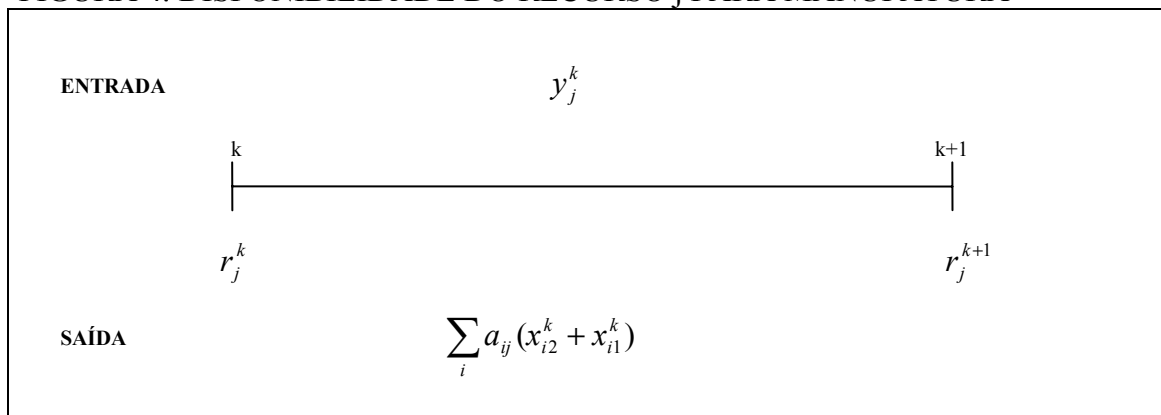
$$\sum_i a_{ij}(x_{i1}^k + x_{i2}^k) \leq r_j^k \quad \forall j, \forall k$$

Restrição que garante que todos os recursos usados na produção pelas duas máquinas durante o dia k para todos os produtos i , sejam menor que a quantidade disponível do recurso j nesse dia (r_j^k).

$$r_j^{k+1} = y_j^k + r_j^k - \sum_i a_{ij} (x_{i2}^k + x_{i1}^k) \quad \forall j, \forall k$$

Função recursiva que controla a quantidade do recurso j disponível no início do dia $k+1$, a partir da soma da quantidade recebida do recurso j no dia anterior k , mais a quantidade disponível no dia k , menos os recursos utilizados na produção durante o dia k , conforme figura 4.

FIGURA 4: DISPONIBILIDADE DO RECURSO j PARA MANUFATURA



3.4.3 RESTRIÇÕES DE TEMPO DE MÁQUINA

Esse conjunto de restrições tem duas finalidades:

- garantir que cada máquina faça no máximo uma troca de linha de produção no decorrer de um dia, ou seja cada máquina poderá fabricar um ou dois produtos no máximo, a cada dia do planejamento;
- caso o modelo decida fabricar dois tipos de produtos diferentes em uma mesma máquina em um mesmo dia, será descontada uma hora no tempo disponível para produção naquele dia.

$$\sum_i x_{i1}^k t_{1i} \leq T_1^k - [(\sum_i b_{i1}^k) - 1] \cdot 3600 \quad \forall k$$

Restrição que garante que a soma de todo tempo utilizado pela máquina 1 na fabricação de todos os produtos, gasto durante o dia k , seja menor que o disponível da

máquina 1 (T_1^k) nesse mesmo dia, já atualizando o tempo de máquina, isto é, descontada uma hora (3600 segundos) no tempo disponível, a cada troca de linha de produção. A variável binária b_{i1}^k representa se a máquina 1 será utilizada para produzir o produto i , no dia k .

$$\sum_i x_{i2}^k t_{2i} \leq T_2^k - [(\sum_i b_{i2}^k) - 1]3600 \quad \forall k$$

Restrição que garante que a soma de todo tempo utilizado pela máquina 2 na fabricação de todos os produtos, gasto durante o dia k , seja menor que o disponível da máquina 2 (T_2^k) nesse mesmo dia, já atualizando o tempo de máquina, descontada uma hora (3600 segundos) no tempo disponível, a cada troca de linha de produção. A variável binária b_{i2}^k representa se a máquina 2 será utilizada para produzir o produto i , no dia k .

$$\sum_i b_{i1}^k \leq 2 \quad \forall k$$

Restrição binária que garante que no máximo dois produtos diferentes serão fabricados pela máquina 1, no dia k .

$$\sum_i b_{i2}^k \leq 2 \quad \forall k$$

Restrição binária que garante que no máximo dois produtos diferentes serão fabricados pela máquina 2, no dia k .

3.4.4 RESTRIÇÕES BINÁRIAS DE PRODUÇÃO

Essas restrições têm a finalidade de relacionar as variáveis binárias b_{i1}^k e b_{i2}^k de controle, às variáveis de produção x_{i1}^k e x_{i2}^k , respectivamente.

$$x_{i1}^k \leq b_{i1}^k M \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que atrela a variável binária b_{i1}^k à decisão de não fabricar o produto i na máquina 1, caso seu valor seja 0 para máquina 1, no dia k . Caso $b_{i1}^k = 1$, a produção fica limitada a uma quantidade grande M .

$$x_{i2}^k \leq b_{i2}^k M \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que atrela a variável binária b_{i1}^k à decisão de não fabricar o produto i na máquina 2, caso seu valor seja 0 para máquina 2, no dia k . Caso $b_{i2}^k = 1$ a produção fica limitada a uma quantidade grande M .

$$x_{i1}^k \geq b_{i1}^k P \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que atrela a variável binária b_{i1}^k à decisão de fabricar o produto i em um mínimo de P , na máquina 1 caso seu valor seja 1, para máquina 1.

$$x_{i2}^k \geq b_{i2}^k P \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que atrela a variável binária b_{i1}^k à decisão de fabricar o produto i em um mínimo de P , na máquina 2, caso seu valor seja 1 para máquina 2.

3.4.5 RESTRIÇÕES BINÁRIAS DE MÍNIMA IMPORTAÇÃO

Esse conjunto de restrições tem a finalidade de atrelar a variável binária de importação b_{i3}^k à variável x_{i3}^k , garantindo o limite mínimo para os lotes de importação de um único produto .

$$x_{i3}^k \geq b_{i3}^k N \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que determina que se houver importação, deve ser de no mínimo de N caixas.

$$x_{i3}^k \leq b_{i3}^k M \quad \forall k, \forall i$$

Restrição que atrela a variável binária (b_{i1}^k) à decisão de não importar. Caso $b_{i3}^k = 1$, a importação fica limitada a um valor M grande ou outro valor, se a empresa assim desejar.

3.5 FUNÇÕES OBJETIVO

As funções objetivos utilizadas no trabalho relacionam as variáveis referentes à produção, importação e estoques não só de produtos, mas também de recursos, com coeficiente já apresentados no item 3.3. Estes coeficientes representam os custos relativos a produção, importação e de estoque sendo, que os custos relativos à produção e importação, cp_{IB}^k e cp_{IA}^k respectivamente, devem agregar custo médio de transporte, custos referentes aos recursos utilizados ou seja, para se determinar esses custos se deve levar em consideração todos os gastos que cercam a produção e a importação. O mesmo pode-se dizer a respeito dos custos de estocagem, valores esses que devem agregar não só os gastos relativos à estocagem, como transporte no interior da fábrica, custo de espaço físico ocupado, mas também os custos referentes ao capital imobilizado no estoque, chamado de custo de oportunidade.

As funções objetivo apresentadas a seguir foram consideradas no modelo:

(1) Função que minimiza custo de estocagem dos produtos.

$$\min Z_1 = \sum_{k=1}^h \sum_{i=1}^p (c_i^k e_i^k)$$

(2) Função que minimiza custo de importação mais custo de produção.

$$\min Z_2 = \sum_{k=1}^h \sum_{i=1}^p (cp_{i3}^k x_{i3}^k + cp_{i2}^k x_{i2}^k + cp_{i1}^k x_{i1}^k)$$

(3) Função que minimiza custo de estocagem de insumo e matéria prima.

$$\min Z_3 = \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^r (cr_j^k r_j^k)$$

Como a empresa considera todos esses objetivos importantes, e desejava-se obter um modelo multiobjetivo, as três funções foram consideradas através da função aditiva

$$\min Z = \alpha Z_1 + \beta Z_2 + \gamma Z_3$$

na qual os parâmetros α , β e γ recebem valores para destacar a importância de um objetivo sobre o outro, como também para normalizar a grandeza de valores devido às diferenças que os mesmos podem obter.

Observa-se que se a ordem de grandeza das funções objetivo é mais ou menos a mesma, os valores dos parâmetros informarão o peso que se está dando ao referido objetivo. O quadro 2 especifica os diferentes casos que podem ser considerados na função objetivo aditiva:

QUADRO 2: FUNÇÕES OBJETIVO EM FUNÇÃO DOS PARÂMETROS.

	α	β	γ	Significado
Caso 1	1	1	1	Todos os objetivos têm igual relevância.
Caso 2	1	0	0	O único objetivo é minimizar custo de estocagem de produtos.
Caso 3	0	1	0	O único objetivo é minimizar custo de produção e importação.
Caso 4	0	0	1	O único objetivo é minimizar custo de estocagem de recursos.
Caso 5	1	1	0	O objetivo é minimizar custo de estocagem de produtos mais custo de produção e importação.
Caso 6	1	0	1	O objetivo é minimizar custo de estocagem de produtos mais custo de estocagem de recursos.
Caso 7	0	1	1	O objetivo é minimizar custo de estocagem de recursos mais custo de produção e importação.

3.6 O MODELO DESENVOLVIDO

A seguir, será apresentado o modelo matemático desenvolvido na íntegra, com todas as equações e com a função multiobjetivo completa. Este modelo será designado por modelo M.

$$\min Z = \alpha \sum_{k=1}^h \sum_{i=1}^p (c_i^k \cdot e_i^k) + \beta \sum_{k=1}^h \sum_{i=1}^p (cp_{i3}^k x_{i3}^k + cp_{i2}^k x_{i2}^k + cp_{i1}^k x_{i1}^k) + \gamma \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^r (cr_j^k r_j^k)$$

Sujeito a:

$$e_i^k \geq d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^{k+1} = x_{i1}^k + x_{i2}^k + x_{i3}^k + e_i^k - d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^k \geq Er_i \quad \forall i, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p e_i^k \leq C \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p a_{ij} (x_{i1}^k + x_{i2}^k) \leq r_j^k \quad \forall j, \forall k$$

$$r_j^{k+1} = y_j^k + r_j^k - \sum_{i=1}^3 a_{ij} (x_{i2}^k + x_{i1}^k) \quad \forall j, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p x_{i1}^k t_{1i} \leq T_1^k - [(\sum_{i=1}^3 b_{i1}^k) - 1] \cdot 3600 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p x_{i2}^k t_{2i} \leq T_2^k - [(\sum_{i=1}^3 b_{i2}^k) - 1] \cdot 3600 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p b_{i1}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^p b_{i2}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$x_{i1}^k \leq b_{i1}^k M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \leq b_{i2}^k M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i1}^k \geq b_{i1}^k P \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \geq b_{i2}^k P \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i3}^k \geq b_{i3}^k N \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i3}^k \leq b_{i3}^k M \quad \forall k, \forall i$$

com:

$$x_{i1}^k, x_{i2}^k, x_{i3}^k, r_j^k, e_i^k, y_j^k \geq 0,$$

$$b_{i1}^k \in \{0,1\}, b_{i2}^k \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall k,$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, h, \quad i = 1, 2, 3, \dots, p \quad \text{e} \quad j = 1, 2, 3, \dots, r.$$

No próximo capítulo serão apresentados estudos de casos em o modelo apresentado será empregado em diferentes cenários, com diferentes funções objetivo, e com as respectivas análises dos resultados.

CAPÍTULO IV

4 APLICAÇÃO DO MODELO AO PLANEJAMENTO DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

No presente capítulo, serão apresentados alguns estudos de casos, com seus respectivos resultados, ou seja, o modelo M será empregado em diferentes cenários para que com os resultados seja possível fazer uma análise de seu funcionamento, desempenho e comparações de acordo com o quadro 3.

Para que o modelo funcione para um período maior e com um número maior de produtos, serão retiradas algumas restrições ou relaxadas algumas condições de integrabilidade, pois devido ao grande número de decisões com que o modelo trabalha, faz-se necessário associar uma variável binária para cada variável de produção e para cada variável de importação. Sendo assim, se o modelo for aplicado para decisões envolvendo uma grande variedade de produtos, e com muitos dias de planejamento, tende a se torna muito pesado computacionalmente.

Na tentativa de diminuir o número de variáveis binárias e assim tornar o modelo mais leve computacionalmente, serão testadas diferentes heurísticas.

QUADRO 3 : APRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES CENÁRIOS E OBJETIVOS

	Número de Produtos	Número de Recursos	Horizonte de Planejamento	Objetivo
Cenário 1	03	12	07 dias	Fazer uma aplicação didática e expositiva do modelo estudado.
Cenário 2	03	12	07 dias	Comparação de resultados do modelo, agora sem custos de estocagem.
Cenário 3	03	Sem controle de recursos.	14 dias	Com o período de planejamento mais longo, verificar comportamento do estoque.

4.1 CENÁRIO 1

Nesta aplicação o modelo M será empregado para controle de produção, importação e estoque de três produtos: Vidro de azeitonas de 100gr, 200gr e 500gr, que serão designadas por Produto 1, Produto 2, e Produto 3 respectivamente, e que podem ser importados ou produzidos em duas máquinas diferentes. Cada produto necessita de seis recursos: vidro, tampa, rótulo, caixa, salmoura, e azeitona, e cada unidade do produto equivale a uma caixa com 12 vidros. O período de planejamento é de sete dias, iniciando na segunda (Dia 1) e concluído no domingo (Dia 7). No domingo a fábrica permanece fechada, e não há demanda.

Nesta aplicação as restrições de quantidade mínima para importação foram retiradas, com o objetivo de reduzir o número de variáveis binárias. Sendo assim, caso o modelo solicite quantidades inferiores ao mínimo para um lote de importação (1700 caixas), serão sugeridas soluções envolvendo o estoque regulador e ajustes nas datas de entrega dos produtos importados.

O modelo M neste cenário será designado por M1, o código fonte deste programa desenvolvido via LINGO está disponível no anexo 1.

4.1.1 OS DADOS

Nos cenários apresentados, cuja finalidade é mostrar o bom funcionamento do modelo, os dados foram gerados a partir de cálculos prévios que visavam à factibilidade das equações e o máximo de proximidade de uma situação real.

O estoque inicial de produtos (a quantidade de cada produto disponível no início do primeiro dia de produção) está apresentado na tabela 1:

TABELA 1: ESTOQUE INICIAL DE PRODUTOS

Produto	Quantidade (caixas)
Produto 1	1.000
Produto 2	1.000
Produto 3	1.000
Soma	3.000

O estoque inicial de recursos, ou seja, a quantidade disponível de cada recurso no início do primeiro dia do planejamento, está apresentado nas tabelas 2 e 3. Os diferentes tipos de insumos se devem aos diferentes tipos de produtos. Neste cenário, são considerados três vidros de azeitonas diferentes nas suas quantidades. Portanto, a azeitona, a salmoura, as tampas serão do mesmo tipo. Já os vidros, as caixas de papelão para embalar uma unidade de cada produto e os rótulos são de tipos diferentes, um para cada produto. A tabela 2 apresenta os estoques iniciais de tampas, azeitona e salmoura, e a tabela 3 apresenta os estoques iniciais de rótulos, vidros e caixas.

TABELA 2: ESTOQUE INICIAL DE TAMPAS, AZEITONAS, E SALMOURA

	Quantidade
Tampa	144.000
Azeitona	38.400
Salmoura	14.400

TABELA 3: ESTOQUE INICIAL DE RÓTULOS, VIDROS E CAIXAS

	Prod. 1	Prod. 2	Prod. 3
Rótulo	48.000	48.000	48.000
Vidro	48.000	48.000	48.000
Caixa	4.000	4.000	4.000

A matriz tecnológica que dispõe a quantidade de cada recurso utilizado na produção de uma unidade (uma caixa) de cada produto está disposta na tabela 4:

TABELA 4: QUANTIDADE DE RECURSO UTILIZADO EM UMA UNIDADE (CAIXA) DE CADA PRODUTO

	Prod. 1	Prod. 2	Prod. 3
Tampa	12	12	12
Rótulo 1	12	0	0
Rótulo 2	0	12	0
Rótulo 3	0	0	12
Vidro 1 (100 gr)	12	0	0
Vidro 2 (200 gr)	0	12	0
Vidro 3 (500 gr)	0	0	12
Caixa 1 (12 vidros tipo 1)	1	0	0
Caixa 2 (12 vidros tipo 2)	0	1	0
Caixa 3 (12 vidros tipo 3)	0	0	1
Azeitona (kg)	1,2	2,4	6
Salmoura (litros)	0,6	1,2	1,8

A capacidade de estoque de produtos está limitada a 25.000 caixas, em função do espaço físico destinado para esta finalidade, enquanto o estoque de insumos segundo a gerência de produção, não possui um limite máximo (espaço físico restrito) que mereça uma restrição no modelo.

Neste cenário, devido ao custo de estocagem que é atribuído ao estoque de recursos se tem o controle desse estoque somente pela necessidade, pois o modelo tende a adquirir somente a quantidade necessária de cada recurso para o bom andamento da produção.

A seguir, a tabela 5 referente à demanda em caixas do período estudado. O dia 1 refere-se sempre ao primeiro dia do planejamento, segunda-feira, no Dia 7 (domingo) não existe demanda.

TABELA 5: DEMANDA DE CADA PRODUTO NO PERÍODO DE PLANEJAMENTO

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1000	1500	2000	2500	5500	5500	0
Prod. 2	500	1500	1500	1000	5500	500	0
Prod. 3	0	1000	1500	1500	500	5000	0

A produção das máquinas está limitada ao tempo diário de funcionamento da fábrica, que é de 8 horas (28800 segundos) por dia. A máquina 1 leva em média 10 segundos para fabricar uma unidade (caixa) de qualquer um dos produtos, enquanto a máquina 2 leva em média 12 segundos.

Não se pode esquecer que caso haja uma troca de linha de produção durante um dia de trabalho, deve ser descontado 1 hora (3600 segundos) do tempo total disponível para a produção, sendo que será permitido somente uma troca de linha a cada dia. Então pode-se concluir que a produção máxima das duas máquinas será de 2880 produtos para a máquina 1, e 2400 produtos para a máquina 2, isso caso elas produzam durante todo o dia um mesmo produto. Caso haja troca de linha de produção durante o decorrer do dia, a capacidade de produção reduz para 2520 e 2100 produtos, respectivamente.

4.1.2 O MODELO (M1)

O modelo M foi particularizado para o cenário 1. A seguir, o modelo M1 utilizado nesta aplicação:

$$\min Z = \sum_{k=1}^7 \sum_{i=1}^3 (c_i^k \cdot e_i^k) + \sum_{k=1}^7 \sum_{i=1}^3 (cp_{i3}^k x_{i3}^k + cp_{i2}^k x_{i2}^k + cp_{i1}^k x_{i1}^k) + \sum_{k=1}^7 \sum_{j=1}^{12} (cr_j^k r_j^k)$$

Sujeito a:

$$e_i^k \geq d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^{k+1} = x_{i1}^k + x_{i2}^k + x_{i3}^k + e_i^k - d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^k \geq Er_i \quad \forall i, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 e_i^k \leq C \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 a_{ij} (x_{i1}^k + x_{i2}^k) \leq r_j^k \quad \forall j, \forall k$$

$$r_j^{k+1} = y_j^k + r_j^k - \sum_{i=1}^3 a_{ij} (x_{i2}^k + x_{i1}^k) \quad \forall j, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{i1}^k t_{1i} \leq T_1^k - [(\sum_{i=1}^3 b_{i1}^k) - 1] \cdot 3600 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{i2}^k t_{2i} \leq T_2^k - [(\sum_{i=1}^3 b_{i2}^k) - 1] \cdot 3600 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 b_{i1}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 b_{i2}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$x_{i1}^k \leq b_{i1}^k \cdot M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \leq b_{i2}^k \cdot M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i1}^k \geq b_{i1}^k \cdot P \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \geq b_{i2}^k \cdot P \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i3}^k = 0 \quad \forall k \in \{1, 2, 3\}, \forall i$$

com:

$$x_{i1}^k, x_{i2}^k, x_{i3}^k, r_j^k, e_i^k, y_j^k \geq 0 \text{ e } b_{i1}^k, b_{i2}^k \in \{0, 1\} \quad \forall i, \forall j, \forall k,$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, 7, \quad i = 1, 2, 3 \text{ e } j = 1, 2, 3, \dots, 12.$$

4.1.3 OS RESULTADOS DO MODELO M1 RELATIVOS A PRODUTOS, NO CENÁRIO 1

Nessas condições, com um período de planejamento de 7 dias, o modelo de P.L. trabalha com 320 variáveis, sendo que dessas, 63 são binárias e num total de 312 restrições. Assim alcançando o ótimo global, depois de fazer 71.922 iterações em 51 segundos de execução, com R\$ 548.104,00, como mínimo custo. Esses resultados estão disponíveis no anexo 7.

As variáveis que o modelo gera como resultado referem-se às decisões sobre o que, e quando importar ou produzir. Também controlam a compra dos recursos necessários para a produção. Além disso, faz o controle dos estoques desses recursos e dos produtos acabados com o objetivo de minimizar custos de produção, importação e estoques. As tabelas 6 e 7 referem-se à produção das duas máquinas, enquanto a tabela 8 refere-se à quantidade de produtos importados no período:

TABELA 6: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) NA MÁQUINA 1

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	0	0	2.880	2.880	1.000	0
Prod. 2	2.880	0	2.880	0	0	0	0
Prod. 3	0	2.880	0	0	0	1.000	0
Soma	2.880	2.880	2.880	2.880	2.880	2.000	0

TABELA 7: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) NA MÁQUINA 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1.640	2.400	2.400	2.400	2.400	0	0
Prod. 2	0	0	0	0	0	500	0
Prod. 3	460	0	0	0	0	0	0
Soma	2.100	2.400	2.400	2.400	2.400	500	0

TABELA 8: QUANTIDADE IMPORTADA (EM CAIXAS)

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 2	0	0	0	3240	1000	0	0
Prod. 3	0	0	0	660	4500	0	0
Soma	0	0	0	4940	4460	0	0

As tabelas 6, 7 e 8 evidenciam a preferência que o modelo tem em produzir, ao invés de importar. Isso se deve ao fato de o custo de produção estar mais baixo que o custo de importação nesta aplicação. A tabela 8 mostra a tendência do modelo em

importar os produtos 3 e 2, já que estes são os produtos que apresentam as menores diferenças de custos entre produção e importação, os quais são apresentados na tabela 9.

TABELA 9: PREÇO DE IMPORTAÇÃO E PRODUÇÃO EM REAIS DE UMA CAIXA DE CADA PRODUTO

	Produto 1	Produto 2	Produto 3
Custo Importação	15,00	16,00	17,80
Custo Produção	12,00	15,20	17,20

Também na tabela 8 pode-se constatar a importação nula na segunda, terça e na quarta. Isto se deve ao fato de os caminhões que trazem produtos acabados da Argentina só chegarem para a entrega nas quintas, sextas e sábados.

Neste cenário não foram consideradas as restrições que impõe um limite mínimo para importação. Neste caso, em situações como na tabela 8, em que o modelo solicita 660 caixas do produto 3, ou no dia 5 em que foram solicitadas 1000 caixas do produto 2, em ambos os casos as quantidades são inferiores às 1700 caixas ou seja ao pedido mínimo sugerido pela gerência de produção. Existem duas alternativas para solucionar esta questão:

- primeira solução: agrupar pedidos de produtos importados somando as quantidades e pedindo em datas estipuladas de forma que se cumpra a demanda nos prazos corretos. No caso da situação apresentada na tabela 8, os pedidos dos produtos 2 e 3, seriam solicitados para o dia 4, nas quantidades de 4240 e 5160 caixas, respectivamente.
- caso seja uma quantidade muito pequena de produtos ou surjam problemas em agrupar pedidos, a gerência de produção pode apelar para o estoque regulador que, neste caso, é de 1000 caixas diárias para cumprir os compromissos da demanda, repondo-o logo depois com pedidos de importação nos dias adequados;

Devido ao custo de estocagem, o modelo tem compromisso de manter os níveis de estoque baixos, armazenando somente o necessário para cumprir as demandas futuras. Sendo assim, o modelo tende a manter os estoques no nível mínimo (1000 caixas) ao final do período de planejamento (domingo), mesmo porque este é o último dia do período e o modelo não tem compromisso com a demanda para os dias seguintes, tendo somente que manter o nível mínimo de 1000 caixas.

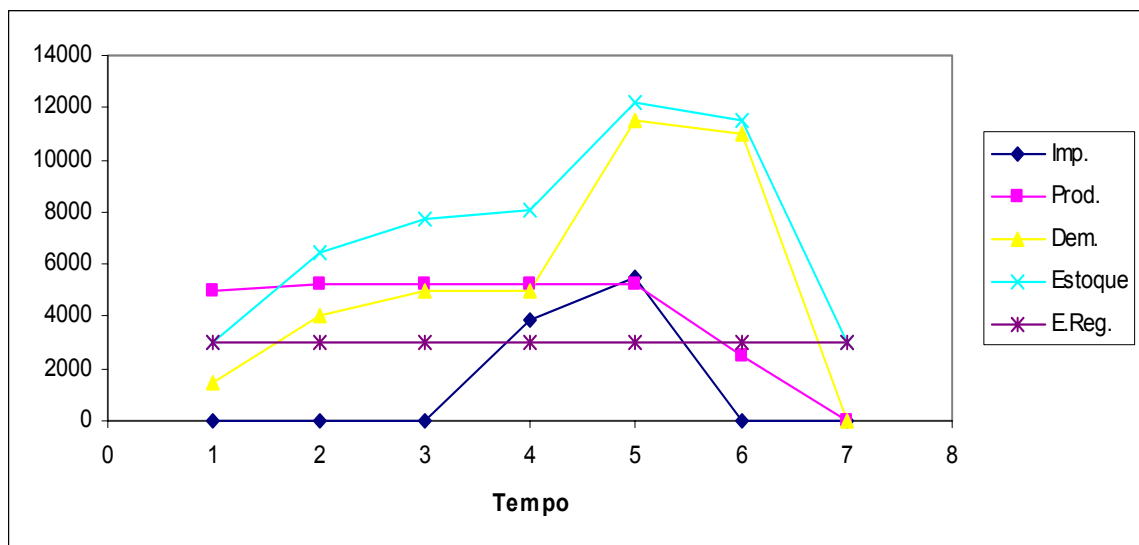
A tabela 10 demonstra os níveis dos estoques de produtos acabados. Os valores apresentados nesta tabela referem-se ao estoque disponível no início de cada dia em caixas. A partir da soma do total de caixas em estoque a cada dia, pode-se extrair uma média aritmética de aproximadamente 7428 caixas diárias em estoque.

TABELA 10:ESTOQUE DE CADA PRODUTO NO INÍCIO DO DIA

Estoque	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1000	1640	2540	2940	5720	5500	1000
Prod. 2	1000	3380	1880	3260	5500	1000	1000
Prod. 3	1000	1460	3340	1840	1000	5000	1000
Soma	3000	6480	7760	8040	12220	11500	3000

No gráfico da figura 5 é feita a relação dos resultados do modelo, referentes a produtos fabricados, com a demanda, estoque e estoque regulador. As linhas úteis mediais servem apenas como orientação e não representam valores, pois as funções são discretas.

FIGURA 5: GRÁFICO REFERENTE A ENTRADA E SAÍDA DE PRODUTOS – CENÁRIO 1



O gráfico apresentado na figura 5 explicita que a tendência do estoque de produtos é acompanhar a demanda durante o período, e se estabilizar em 3000 caixas, que é o mínimo permitido em estoque.

A produção e a importação de produtos trabalham para manter o nível mínimo de estoque e cumprir a demanda.

4.1.4 OS RECURSOS DO MODELO M1, NO CENÁRIO 1

Com relação às decisões referentes à compra e estocagem de recursos, o modelo tem um pouco mais de folga, pois não existem tantas restrições, como para os produtos. O controle do nível máximo de estoque dos recursos é restrito à necessidade do modelo de minimizar custos de estocagem.

De acordo com a gerência de produção, a área destinada à estocagem desses recursos é mais do que suficiente para essa finalidade, não exigindo restrição de quantidade máxima de estoque de recursos. E também com relação à chegada dos recursos para uso e para manutenção dos estoques, não foi citada nenhuma restrição com relação a quantidade e prazos, simplificando bastante a parte do modelo direcionada para esse controle e ainda dispensando a necessidade de um estoque regulador. O que o modelo faz é vincular as variáveis de produção à necessidade dos recursos utilizados, através das equações apresentadas no capítulo 3 no item “3.2 RESTRIÇÕES DE CONTROLE DE ESTOQUE DE INSUMOS”.

É importante salientar que o modelo não garante os níveis dos estoques de recursos ao final do período de planejamento. Esses estoques tendem a zero devido à minimização de custos. Sendo assim fica a cargo da gerência de produção o cálculo das quantidades de recursos que deverão estar disponíveis no início de cada semana de planejamento, ou através da inserção de mais uma restrição de estoque mínimo de recursos no modelo.

TABELA 11: ESTOQUE DE RECURSOS – CENÁRIO 1

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Tampa	144000	84240	63360	63360	63360	30000	0
Rótulo 1	48000	28800	28800	63360	63360	12000	0
Rótulo 2	48000	13440	34560	0	0	6000	0
Rótulo 3	48000	42480	7920	7920	7920	12000	0
Vidro 1	48000	28800	28800	63360	63360	12000	0
Vidro 2	48000	13440	34560	0	0	6000	0
Vidro 3	48000	42480	7920	7920	7920	12000	0
Caixa 1	4000	2400	2400	5280	5280	1000	0
Caixa 2	4000	1120	2880	0	0	500	0
Caixa 3	4000	3540	660	660	660	1000	0
Azeitona	38400	26760	9792	6336	6336	8400	0
Salmoura	14400	9132	4896	3168	3168	3000	0

A tabela 11 evidencia que os níveis de estoque de recursos de produção mantidos pelo modelo, são somente o necessário para que a produção possa cumprir suas metas. Em alguns momentos as quantidades chegam a zero, como é o caso dos recursos que são utilizados na produção do produto 2, nos dias 4 e 5. Isso acontece, pois nos dias 5 e 6 o modelo não produz nenhuma caixa deste produto, em nenhuma das máquinas, justificando assim o estoque zero de rótulos, vidros e caixas no início desses dias. Na tabela 12, são apresentados os resultados relativos à chegada de recursos.

TABELA 12: CHEGADA DOS RECURSOS – CENÁRIO 1

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Tampa	0	42480	63360	63360	3000	0	0
Rótulo 1	480	28800	63360	63360	12000	0	0
Rótulo 2	0	21120	0	0	6000	0	0
Rótulo 3	0	0	0	0	4080	0	0
Vidro 1	480	28800	63360	63360	12000	0	0
Vidro 2	0	21120	0	0	6000	0	0
Vidro 3	0	0	0	0	4080	0	0
Caixa 1	40	2400	5280	5280	1000	0	0
Caixa 2	0	1760	0	0	500	0	0
Caixa 3	0	0	0	0	340	0	0
Azeitona	0	3192	63360	63360	8400	0	0
Salmoura	0	2388	3168	3168	3000	0	0

Observa-se que neste cenário, o modelo somente solicita recursos na medida necessária para cumprir os compromissos da produção, minimizando os estoques. Isto devido aos custos atribuídos aos mesmos, ou seja, o modelo administra de forma racional estoque de recursos da manufatura.

Com isso, fica demonstrado o bom funcionamento do modelo no que se refere às decisões solicitadas. Através dos resultados obtidos neste item é possível verificar que o modelo cumpre corretamente a demanda solicitada, mantendo os níveis mínimos de estoque tanto de recursos como de produtos acabados, obedecendo a todas as restrições impostas e minimizando custos.

4.2 CENÁRIO 2, PARA O MODELO M1

Nesta aplicação, o modelo será empregado para controle de produção, importação e estoque de três produtos novamente, como no cenário 1, do item 4.1. Basicamente, os recursos disponíveis, capacidade de estoque, capacidade de produção, demanda e todos os dados que cercam a produção serão idênticos. A diferença entre os dois cenários está no custo de estocagem de produtos e recursos que agora passa a ser nulo. Sendo assim o modelo utilizado será o M1.

O objetivo desta aplicação do modelo matemático é verificar o comportamento do modelo sem a necessidade de minimizar custos de estocagem, em comparação com os resultados obtidos no cenário 1. É importante lembrar que, para que a comparação ganhe mais precisão foram usados os mesmos dados de entrada em ambos cenários.

4.2.1 OS RESULTADOS DO MODELO M1, RELATIVOS A PRODUTOS NO CENÁRIO 2

Nessas condições, com um período de planejamento de 7 dias, o modelo de P.L. trabalha com 320 variáveis, sendo que dessas, 63 são binárias, num total de 312 restrições. Assim, alcançando o ótimo global, depois de fazer 96.783 iterações em 1 minuto e 1 segundo de tempo de CPU, com R\$ 545.488,00 como mínimo custo.

As variáveis do modelo gera como resultado se referem a decisões sobre o que, e quando importar ou produzir. Também controlam a compra dos recursos necessários

para a produção. Todos os resultados referentes ao cenário 2 para M1 estão disponíveis no anexo 8. Além disso, o modelo faz o controle dos estoques desses recursos e dos produtos acabados com o objetivo de minimizar custos de produção, importação. As tabelas 13 e 14 referem-se a produção das duas máquinas, enquanto a tabela 15 refere-se à quantidade de produtos importados no período:

TABELA 13: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) NA MÁQUINA 1 – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	2880	0	2880	2880	0	0
Prod. 2	2880	0	2880	0	0	500	0
Prod. 3	0	0	0	0	0	0	0
Soma	2880	2880	2880	2880	2880	500	0

TABELA 14: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) NA MÁQUINA 2 – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	2400	0	1160	2400	2400	1000	0
Prod. 2	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 3	0	2400	940	0	0	1000	0
Soma	0	2400	2100	2400	2400	2000	0

TABELA 15: QUANTIDADE IMPORTADA (EM CAIXAS) – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 2	0	0	0	3240	1000	0	0
Prod. 3	0	0	0	1700	3460	0	0
Soma	0	0	0	4940	4460	0	0

Neste cenário, o modelo aplicado é o M1. A única diferença com relação ao cenário do item 4.1, é que os custos de estocagem agora são nulos. Assim, os níveis de estoque diários são sempre superiores, se forem comparados com os níveis de estoques do cenário 1. Pode-se confirmar esta afirmação comparando a tabela 10, referente ao estoque gerado pelo modelo no cenário 1, com a tabela 16, referente ao estoque no cenário 2, ou ainda através da comparação entre as médias aritméticas relativas ao total de produtos em estoque em cada dia de planejamento em ambos cenários, que é de 7428 caixas no cenário 1 e de aproximadamente 7663 caixas por dia.

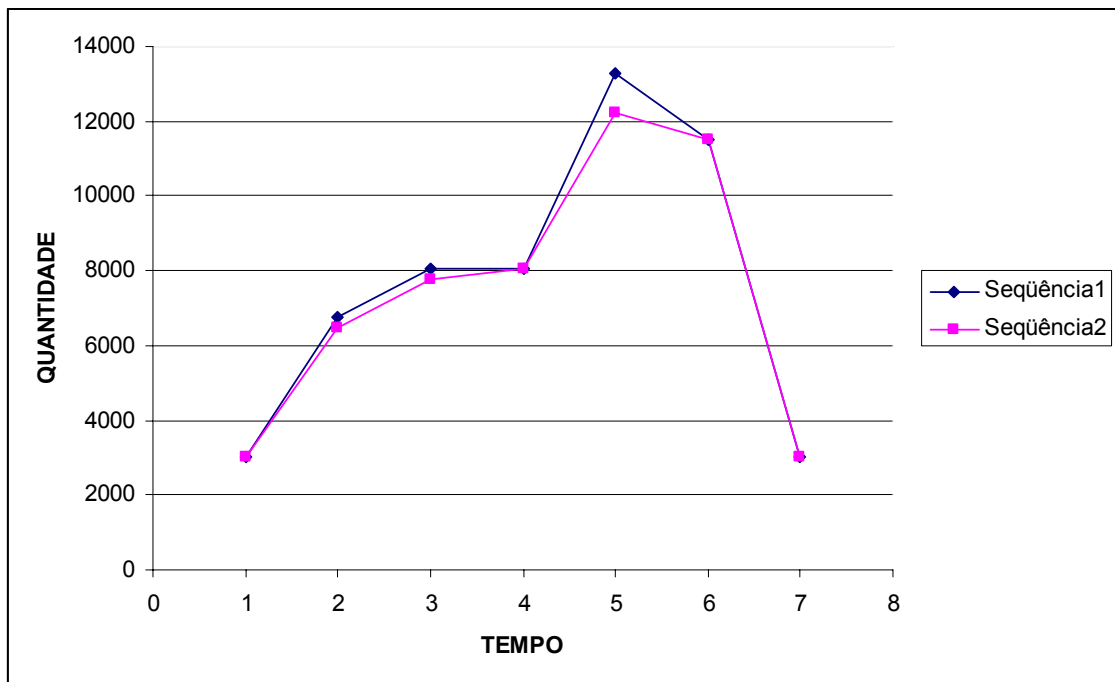
TABELA 16: ESTOQUE DE CADA PRODUTO NO INÍCIO DO DIA – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1000	2400	3780	2940	5720	5500	1000
Prod. 2	1000	3380	1880	3260	5500	1000	1000
Prod. 3	1000	1000	2400	1840	2040	5000	1000
Soma	3000	6780	8060	8040	13260	11500	3000

A figura 6 mostra o gráfico relativo aos níveis de estoques em ambos os cenários, mostrando mais uma vez a importância nos custos de estocagem para que o modelo trabalhe com os níveis mínimos de estoque.

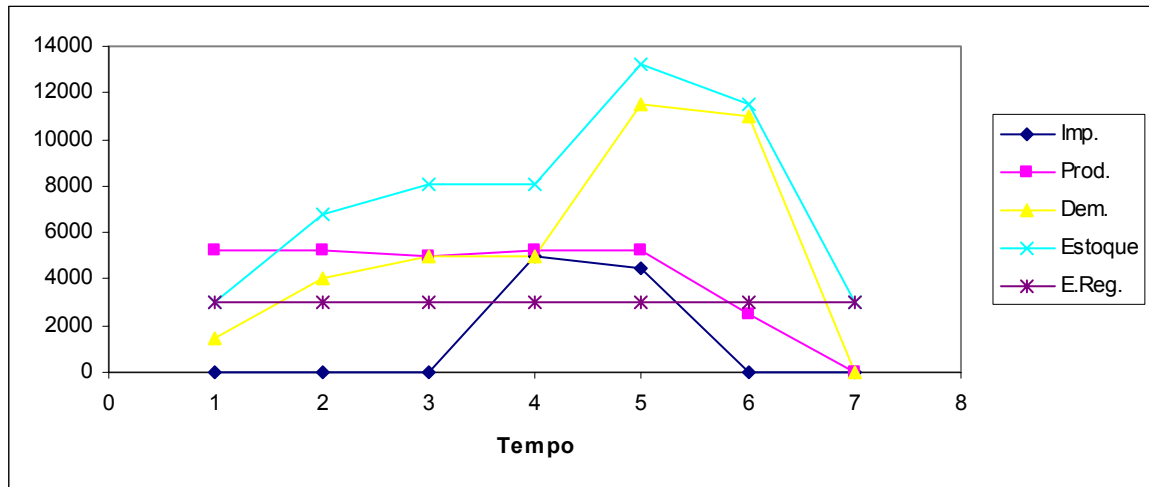
Neste gráfico é possível observar que o nível dos estoques dos produtos na aplicação do modelo M1 no cenário 1 (com custo de estocagem), é menor ou igual, durante todo o período de planejamento, ao nível do estoque dos produtos na aplicação M1 no cenário 2 (sem os referidos custos).

FIGURA 6: GRÁFICO DOS NÍVEIS DE ESTOQUE NA APLICAÇÃO NOS CENÁRIOS 1 E 2



No gráfico da figura 7, é feita a relação dos resultados do modelo, referentes a produtos já prontos, com a demanda, estoque e estoque regulador.

FIGURA 7: GRÁFICO REFERENTE A ENTRADA E SAÍDA DE PRODUTOS – CENÁRIO 2



No gráfico apresentado na figura 7, a tendência do estoque de produtos, que é de 3000 caixas no dia 1 do planejamento para os três produtos, é de acompanhar a demanda durante o período e se estabilizar em 3000 caixas novamente, que é o mínimo permitido em estoque. Também é muito importante observar o afastamento das linhas de estoque e demanda, se estas forem comparadas com o gráfico da figura 5. Isto se deve ao fato de neste cenário não haver custos de estocagem. Também é perceptível uma diferença na forma que o modelo administra os estoques de recursos neste cenário. Estes estoques serão apresentados no próximo item 4.2.2.

4.2.2 RECURSOS DO MODELO M1, NO CENÁRIO 2

Como já foi citado, com relação às decisões referentes à compra e estocagem de recursos, o modelo tem um pouco mais de folga, pois não existem tantas restrições, como para os produtos. A tabela 17 mostra os níveis de estoque de recursos no decorrer do planejamento.

TABELA 17: ESTOQUE DOS RECURSOS – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Tampa	144000	186480	123120	63360	3360	30000	0
Rótulo 1	48000	48480	13920	63360	63360	12000	0
Rótulo 2	48000	13440	34560	0	0	6000	0
Rótulo 3	48000	52080	23280	12000	12000	12000	0
Vidro 1	48000	111840	77280	63360	63360	12000	0
Vidro 2	48000	13440	34560	0	0	6000	0
Vidro 3	48000	52080	23280	12000	12000	12000	0
Caixa 1	4000	9320	6440	5280	5280	1000	0
Caixa 2	4000	2880	2880	0	0	500	0
Caixa 3	4000	4340	1940	1000	1000	1000	0
Azeitona	38400	44420	26616	12672	6336	8400	0
Salmoura	14400	21228	15180	9336	6168	3000	0

A tabela 17 evidencia a importância do estabelecimento de um custo de estocagem para os recursos, pois neste cenário os níveis de estoque de recursos são superiores nas quantidades diárias determinadas pelo modelo em função da nulidade dos custos de estocagem. Essas quantidades estocadas desnecessariamente, implicam capital imobilizado e vão na contra-mão das teorias e sistemas de produção apresentados neste trabalho. A tabela 18 apresenta os valores referentes à reposição dos estoques de recursos.

TABELA 18: CHEGADA DOS RECURSOS – CENÁRIO 2

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Tampa	105840	0	0	63360	30000	0	0
Rótulo 1	29280	0	63360	63360	12000	0	0
Rótulo 2	0	21120	0	0	6000	0	0
Rótulo 3	4080	0	0	0	0	0	0
Vidro 1	92640	0	0	63360	12000	0	0
Vidro 2	0	21120	0	0	6000	0	0
Vidro 3	4080	0	0	0	0	0	0
Caixa 1	7720	0	0	5280	1000	0	0
Caixa 2	1760	0	0	0	500	0	0
Caixa 3	340	0	0	0	8400	0	0
Azeitona	15864	0	0	0	8400	0	0
Salmoura	11724	0	0	0	0	0	0

A partir desta segunda aplicação do modelo, é possível observar a importância da presença na função objetivo, do custo de estocagem, pois isso permite ao modelo que ele encontre uma solução ótima e racional. Somente com a presença desses custos o modelo pode encontrar uma solução adequada para o cumprimento da demanda com os menores níveis de estoque possível.

4.3 O CENÁRIO 3

Neste cenário, foi adequado um período de planejamento de 14 dias, ou seja, duas semanas. O número de produtos utilizados nesse cenário é três, os mesmos considerados no cenário do item 4.1. Vidro de azeitonas de 100gr, 200gr e 500gr, que serão designadas por Produto 1, Produto 2 e Produto 3, respectivamente, e que podem ser importados ou produzidos em duas máquinas diferentes. Cada produto necessita de seis recursos diferentes: vidro, tampa, rótulo, caixa, salmoura e azeitona, e cada unidade do produto equivale a uma caixa com doze vidros.

O objetivo da apresentação deste cenário com período de catorze dias é demonstrar o comportamento do modelo em duas semanas, com o domingo no meio do período de planejamento, que é um dia nulo na produção, a não ser pelos custos de estocagem que continuam os mesmos neste dia.

A demanda da primeira semana será a mesma do cenário 4.1, para que possam ser feitas comparações na questão do compromisso que o modelo agora tem com a segunda semana do planejamento. Neste cenário, o modelo terá que manter os estoques com níveis suficientes para que a demanda da segunda semana de planejamento (dia 8 até dia 14) a demanda seja cumprida adequadamente.

O modelo desenvolvido via LINGO está apresentado no anexo 2 do capítulo 6, enquanto os dados de entrada de M2 para o cenário 3 estão apresentados nos anexos 3, 4, 5 e 6.

Devido ao aumento significativo no número de variáveis, foi necessário retirar algumas restrições para que o modelo tivesse mais folga no cálculo do resultado. Assim, o resultado que será apresentado a seguir não é exato, para que ele possa ser aplicado em uma situação real, é necessário que sejam feitas uma série de considerações e adequações. As restrições retiradas do modelo neste cenário são as seguintes:

- as restrições que envolviam variáveis binárias relacionadas às variáveis de importação (b_{i3}^k). Essas restrições impunham uma quantidade mínima de caixas de um único produto para se solicitar um pedido (1700 caixas), e também restringiam as chegadas desses pedidos para as quintas, sextas e sábados;
- todas as restrições relacionadas a controle de recursos disponíveis. Portanto, neste cenário, o modelo não fará o controle dos estoques dos recursos utilizados na produção e nem o cálculo das quantidades que deverão ser solicitadas para manter os níveis ideais de estoques;
- a restrição que controla o tempo disponível nas máquinas e que diminui uma hora no tempo para cada troca de linha de produção foi simplificada. Neste cenário, o tempo disponível para a produção no modelo já é de sete horas inicialmente e cada máquina pode fazer apenas uma troca de linha de produção por máquina.

Com a desconsideração dessas restrições, o modelo tornou-se mais leve computacionalmente, pois além de trabalhar com um número menor de variáveis, ele trabalhou com muito mais folga.

Nessas condições, o modelo trabalhou com 265 variáveis, sendo que dessas 72 são variáveis inteiras, com um total de 278 restrições, chegando ao resultado ótimo global de R\$ 1.032.710,00.

Os dados de entrada considerados neste cenário são os mesmos dos cenários apresentados nos itens 4.1 e 4.2, custos de produção, importação e estocagem, estoque inicial dos produtos, quantidade máxima em estoque, matriz tecnológica, tempo de produção de uma unidade de cada produto por máquina, esses valores foram mantidos para permitir comparações sobre o comportamento do modelo para uma e duas semanas, já que, no segundo caso, o modelo tem compromisso com uma segunda semana. A demanda considerada neste cenário é a mesma do cenário anterior na primeira semana do planejamento. Já na segunda semana foi estipulada uma demanda dentro da média que vem sendo considerada.

4.3.1 MODELO 2 (M2)

A partir do modelo M foi gerado o modelo M2 utilizado nesta aplicação:

$$\min Z = \sum_{k=1}^{14} \sum_{i=1}^3 (c_i^k \cdot e_i^k) + \sum_{k=1}^{14} \sum_{i=1}^3 (cp_{i3}^k x_{i3}^k + cp_{i2}^k x_{i2}^k + cp_{i1}^k x_{i1}^k)$$

Sujeito a:

$$e_i^k \geq d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^{k+1} = x_{i1}^k + x_{i2}^k + x_{i3}^k + e_i^k - d_i^k \quad \forall i, \forall k$$

$$e_i^k \geq Er_i \quad \forall i, \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 e_i^k \leq C \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{i1}^k t_{1i} \leq T_1^k \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{i2}^k t_{2i} \leq T_2^k \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 b_{i1}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$\sum_{i=1}^3 b_{i2}^k \leq 2 \quad \forall k$$

$$x_{i1}^k \leq b_{i1}^k \cdot M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \leq b_{i2}^k \cdot M \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i1}^k \geq b_{i1}^k \cdot P \quad \forall k, \forall i$$

$$x_{i2}^k \geq b_{i2}^k \cdot P \quad \forall k, \forall i$$

com:

$$x_{i1}^k, x_{i2}^k, x_{i3}^k, e_i^k \geq 0$$

$$b_{i1}^k, b_{i2}^k \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j, \forall k,$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, 14, \quad i = 1, 2, 3 \quad \text{e} \quad j = 1, 2, 3, \dots, 12.$$

4.3.2 OS RESULTADOS DE M2 REFERENTES A PRODUTOS

As tabelas 19 e 20 mostram as quantidade produzidas pelas máquinas um e dois durante o período de planejamento.

TABELA 19: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) PELA MÁQUINA 1 – CENÁRIO 3

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	0	2520	2520	2520	1500	0
Prod. 2	2520	2520	0	0	0	0	0
Prod. 3	0	0	0	0	0	1020	0
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
Prod. 1	1020	1120	1880	1000	0	0	0
Prod. 2	1500	1400	640	1520	1400	1000	0
Prod. 3	0	0	0	0	1120	0	0

TABELA 20: QUANTIDADE PRODUZIDA (EM CAIXAS) PELA MÁQUINA 2 CENÁRIO 3

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1500	2000	2100	1740	2100	0	0
Prod. 2	600	100	0	360	0	500	0
Prod. 3	0	0	0	0	0	1600	0
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
Prod. 1	1480	0	0	0	1000	1000	0
Prod. 2	0	1100	1860	980	1100	0	0
Prod. 3	620	1000	240	1120	0	1000	0

De acordo com os resultados apresentados nas tabelas 19 e 20, o modelo pode produzir no máximo 2520 caixas de qualquer produto na máquina 1 e 2100 caixas de na máquina 2, independentemente da ocorrência ou não de troca de linha de produção durante o dia. Isso dá uma certa folga para o modelo, pois nos dias em que o modelo opta por produzir um único tipo de produto, como ocorre nos cinco primeiros dias de trabalho na máquina 1 ou no dia 3 e dia 5 na máquina 2, sobra uma hora no tempo diário de produção. Esse tempo é suficiente para produzir 360 caixas na máquina 1 e 300 caixas de um único produto na máquina 2.

Essa folga na produção poderia ser administrada de forma a suprir as diferenças geradas pela retirada das restrições que limitam as importações às quintas, sextas-feiras e sábados, e também restringiam as importações a um limite mínimo de 1700 caixas de um único produto.

A tabela 21 mostra as quantidades de produtos importados neste cenário durante o período de planejamento.

TABELA 21: QUANTIDADE DE PRODUTOS (EM CAIXAS) IMPORTADOS – CENÁRIO 3

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 2	0	0	0	2900	1000	0	0
Prod. 3	0	1500	1500	1000	4500	880	0
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
Prod. 1	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 2	0	0	0	0	0	0	0
Prod. 3	380	0	760	0	1760	0	0

Se a gerência de produção tivesse que seguir exatamente as instruções do modelo neste cenário, a empresa teria que atrasar a entrega do produto 3 no dia 3, pois não é possível solicitar produtos importados para uma terça-feira. Mesmo contando com o estoque regulador, que é de 1000 caixas, não seria possível suprir esta demanda. Neste caso, a melhor solução seria a gerência de produção solicitar este pedido, junto às caixas dos produtos 2 e 3 que também deveriam ser importadas para os dias 3 e 4, no sábado da semana anterior, arcando com os custos de estocagem.

As tabelas 22 e 23 apresentam, respectivamente, as quantidades relativas a demanda e estoque disponível no início de cada dia de planejamento.

TABELA 22: DEMANDA DE CADA PRODUTO REFERENTE AO PERÍODO DE PLANEJAMENTO

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1000	1500	2000	2500	5500	5500	0
Prod. 2	500	1500	1500	0	5500	500	0
Prod. 3	0	1000	1500	1500	5000	5000	0
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
Prod. 1	1500	2500	1000	2000	1000	1000	0
Prod. 2	1000	1500	2500	2500	2500	2500	0
Prod. 3	3500	1000	1000	1000	1000	3000	0

TABELA 23: ESTOQUE DE CADA PRODUTO NO INÍCIO DO DIA

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Prod. 1	1000	1500	2000	2500	5500	5500	0
Prod. 2	500	1500	1500	0	5500	500	0
Prod. 3	0	1000	1500	1500	5000	5000	0
	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14
Prod. 1	1500	2500	1000	2000	1000	1000	0
Prod. 2	1000	1500	2500	2500	2500	2500	0
Prod. 3	3500	1000	1000	1000	1000	3000	0

Sem as limitações de importação, o modelo torna disponível, no início de cada dia do planejamento, somente as quantidades suficientes para cumprir a demanda daquele dia, sem acumular produtos para demandas futuras. Isso se dá devido aos custos atribuídos à estocagem junto à possibilidade de solicitar produtos importados em qualquer momento do período de planejamento e em qualquer quantidade. Assim, é possível concluir que o modelo M2 é ineficiente para planejamento.

4.4 APLICAÇÃO DO MODELO PARA SITUAÇÕES MAIS GERAIS

De acordo com os resultados apresentados nas aplicações do modelo M, é possível constatar a sua eficiência no que se refere ao cumprimento dos objetivos de minimizar custos (funções objetivo), sempre obedecendo às determinações do setor de produção da empresa estudada, que no modelo se apresentam nas equações das restrições. A maior limitação do modelo está no fato de ele não funcionar para situações com um número maior de variáveis, ou seja, com maior período de planejamento (M2) e com maior variedade de produtos, devido à grande quantidade de memória exigida para esses casos.

Essas limitações impediram que o modelo fosse testado em outras situações, envolvendo uma quantidade maior de produtos, para que fosse possível fazer estudos mais próximos da realidade e, quem sabe, implementá-lo como ferramenta para o setor de produção da empresa estudada.

Vale ressaltar que as limitações não foram devido ao modelo propriamente dito, mas em relação a execução dele. Caso o modelo fosse programado em uma linguagem diferente, tais problemas poderiam ser sanados.

No próximo capítulo, serão apresentadas as conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO V

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões referentes à construção e testes do modelo matemático desenvolvido e ainda as sugestões para trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÕES FINAIS

É possível modelar matematicamente, co auxílio de técnicas de *Pesquisa Operacional*, situações de produção, como as encontradas na empresa VALE FÉRTIL, transformando-as em equações lineares e funções objetivos.

A grande limitação do trabalho foi a implementação do modelo, que devido ao grande número de variáveis binárias envolvidas nas equações, não pôde ser executado em situações mais próximas das situações reais encontradas no setor de produção da fábrica estudada.

Apesar do modelo não estar preparado para ser executado em qualquer situação real devido às considerações já feitas, é possível constatar que o modelo é útil para planejamento de produção, pois tem condições de gerar resultados de acordo com as premissas dos principais sistemas de produção existentes. Para que o modelo matemático de produção apresentado seja empregado em uma situação real, com uma grande variedade de produtos e um período de planejamento maior, sua implementação deverá ser mais bem discutida. Assim poderiam ser empregadas heurísticas e programas desenvolvidos fora do pacote LINGO utilizado neste trabalho e, quem sabe, com resultados aproximados, o modelo poderia ser aplicado em outras situações com eficiência.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Portanto, as sugestões para trabalhos futuros são:

- executar o modelo utilizando outros pacotes de programação matemática, que permitam maior número de interferências;

- desenvolver um sistema especialista que indique coordenadas de decisão, sugerindo soluções aproximadas;
- programar um *software* para resolução do modelo;
- desenvolver heurísticas que permitam a utilização do modelo em cenários com grande número de variáveis;
- utilizar técnicas de simulação associadas as equações do modelo de programação linear para que seja possível a utilização do modelo em cenários com grande número de variáveis.

6 ANEXOS

ANEXO 1: IMPLEMENTAÇÃO DO M1 VIA LINGO

```

TITLE
  PRODCASA2 3PROD 7DIAS;

SETS:
  INDICE1/1..3/:ERp,ce,ca,cb,t1,t2,aux1,aux3; !Índice dos Produtos(i);
                                         !ERp= estoque regulador de
produtos;
                                         !ce= custo de estocagem;
                                         !ca= custo de importação da
Argentina;
                                         !cb= custo de produção no
Brasil;
                                         !aux1= vetor auxiliar para
estoque inicial de
  produtos;
                                         !t1= tempo de máquina 1
utilizado no produto i;
                                         !t2= tempo de máquina 2
utilizado no produto i;
  INDICE2/1..12/:ERr,aux2,cr;
                                         !Índice dos Recursos(j);
recursos;
                                         !ERr= estoque regulador de
estoque inicial de
  recursos;
                                         !aux2= vetor auxiliar para
recursos;
                                         !cr= custo de estocagem dos

  INDICE3/1..7/:tempo;
                                         !Índice dos Dias;
disponível no
                                         !Tempo= vetor auxiliar de tempo
                                         dia k;

  MATRIZ1(INDICE1,INDICE3):xa,xb1,xb2,e,d,b1,b2,bi;
                                         !xb1= quantidade de produtos
produtos na máquina 1;
                                         !xb2= quantidade de produtos
produtos na máquina 2;
                                         !xa= quantidade de produtos
importados;
                                         !e= quantidade de produtos no
estoque;
                                         !d= demanda;
                                         !b1= binária associada a máquina 1;
                                         !b2= binária associada a máquina 2;
                                         !bi= binária associada a importação;
  MATRIZ2(INDICE2,INDICE3):r,y;
                                         !r= quantidade de recursos no
estoque;
                                         !y= quantidade de recursos para
chegar;

  MATRIZ3(INDICE2,INDICE1):a;
                                         !a= matriz tecnológica;

  VETOR1(INDICE3):tempo1, tempo2;

```



```
!tempo1= tempo da máquina 1 disponível no dia k;
!tempo2= tempo da máquina 2 disponível no dia k;
```

```
ENDSETS
```

```
DATA:
```

```
C=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\Capacid.txt');
a=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\MatTec.txt');
ERp=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\erprod.txt');
ce=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\cusest.txt');
ca=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\cusimp.txt');
cb=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\cusprod.txt');
aux1=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\estinic.txt');
d=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\demanda.txt');
cr=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\cusrec.txt');
aux2=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\recinic.txt');
t1=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\t1.txt');
t2=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\t2.txt');
M=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\bigM.txt');
P=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\smallP.txt');
tempo=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD6DIA\tempo.txt');
@text('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\resultado.txt')=xb1,xb2,xa;
@text( )=xb1,xb2,xa;
```

```
ENDDATA
```

```
!FUNÇÕES OBJETIVO;
```

```
!minimiza custos de estoque, produção e importação;
```

```
MIN = @sum(indice3(k):
```

```

        @sum(indice1(i):
            ce(i)*e(i,k)
            +ca(i)*xa(i,k)+ cb(i)*xb1(i,k)+ cb(i)*xb2(i,k))
+ @sum(indice3(k):
    @sum(indice2(j):
        cr(j)*r(j,k)));

!RESTRIÇÕES;

!Estoque regulador e demanda dos produtos;
@for(indice3(k):
    @for(indice1(i)|k#GT#1:
        e(i,k)>=ERp(i)));

@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        e(i,k)>=d(i,k)));

!Recursos disponíveis;
@for(indice3(k):
    @for(indice2(j):

        @sum(indice1(i):a(j,i)*xb1(i,k)+a(j,i)*xb2(i,k))<=r(j,k)));

!Restrição do tempo maq. 1;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):xb1(i,k)*t1(i))<=tempo(k)-
    (@sum(indice1(i):b1(i,k))-1)*3600);

!Restrição do tempo maq. 2;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):xb2(i,k)*t2(i))<=tempo(k)-
    (@sum(indice1(i):b2(i,k))-1)*3600);

!Capacidade de estoque;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):e(i,k))<=C);

!Função controle de estoque de produtos;
@for(indice3(k)|k#EQ#1:
    @for(indice1(i):
        e(i,k)=aux1(i)));

@for(indice3(k)|k#GT#1:
    @for(indice1(i):
        e(i,k)=xb1(i,k-1)+xb2(i,k-1)+xa(i,k-1)+e(i,k-1)-d(i,k-
1)));

!Função controle de estoque de insumos;
@for(indice3(k)|k#EQ#1:
    @for(indice2(j):
        r(j,k)=aux2(j)));

@for(indice3(k)|k#GT#1:
    @for(indice2(j):
        r(j,k)=y(j,k-1)+r(j,k-1)-@sum(indice1(i):xb1(i,k-
1)*a(j,i)+xb2(i,k-1)*a(j,i)));

!Restrição de troca de linha;
@for(indice3(k):

```

```

@sum(indice1(i):
      b1(i,k))<=2);

@for(indice3(k):
      @sum(indice1(i):
            b2(i,k))<=2);

!Restrição que atrela a binária a variável de produção;
@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            xb1(i,k)<=b1(i,k)*M));

@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            xb2(i,k)<=b2(i,k)*M));

!Restrição de chegada dos produtos importados nas quintas, sextas e
sábados;
@for(indice1(i):
      @for(indice3(k) | k#EQ#1#OR#k#EQ#2#OR#k#EQ#3:
            xa(i,k)=0));

!Restrição de importação mínima;
@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            xa(i,k)>=bi(i,k)*1700));

@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            xa(i,k)<=bi(i,k)*M ));

!Variáveis Binárias;
@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            @bin(b1(i,k))));

@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            @bin(b2(i,k))));

@for(indice3(k):
      @for(indice1(i):
            @bin(bi(i,k))));

```

ANEXO 2: IMPLEMENTAÇÃO DO M2 VIA LINGO

```

TITLE
PRODCASA2 3PROD 14DIAS;

SETS:
INDICE1/1..3/:ERp,ce,ca,cb,t1,t2,aux1,aux3; !Índice dos Produtos(i);
!ERp= estoque regulador de
produtos;
!ce= custo de estocagem;
!ca= custo de importação da
Argentina;

```

```

!cb= custo de produção no
Brasil;
!aux1= vetor auxiliar para
estoque inicial de
produtos;

utilizado no produto i;
!t1= tempo de máquina 1
utilizado no produto i;
!t2= tempo de máquina 2

INDICE3/1..14/:tempo;
!Índice dos Dias;
disponível no
!Tempo= vetor auxiliar de tempo
dia k;

MATRIZ1(INDICE1,INDICE3):xa,xb1,xb2,e,d,b1,b2;
!xb1= quantidade de produtos
produzidos na máquina 1;
!xb2= quantidade de produtos
produzidos na máquina 2;
!xa= quantidade de produtos
importados;
!e= quantidade de produtos no
estoque;
!d= demanda;
!b1= binária associada a máquina 1;
!b2= binária associada a máquina 2;

VETOR1(INDICE3):tempo1, tempo2;
!tempo1= tempo da máquina 1 disponível no dia k;
!tempo2= tempo da máquina 2 disponível no dia k;

ENDSETS

DATA:
C=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\Capacid.txt');
ERp=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\erprod.txt');
ce=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\cusest.txt');
ca=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\cusimp.txt');
cb=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\cusprod.txt');
aux1=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\estinic.txt');
d=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\demandai.txt');
t1=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\t1.txt');

```

```

t2=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\t2.txt');
M=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\bigM.txt');
P=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\smallP.txt');
tempo=@file('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\Dissertação\Lingo\2MAQ
3PROD13DIA\tempo.txt');
!@text('C:\Documents and
Settings\Ricardo\Desktop\Trabalheira\resultado.txt')=xb1,xb2,xa;
!@text( )=xb1,xb2,xa;

ENDDATA

!FUNÇÕES OBJETIVO;

!minimiza custos de estoque, produção e importação;
MIN = @sum(indice3(k):
    @sum(indice1(i):
        ce(i)*e(i,k)
        +ca(i)*xa(i,k)+ cb(i)*xb1(i,k)+ cb(i)*xb2(i,k)));

!RESTRICÇÕES;

!Estoque regulador e demanda dos produtos;
@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        e(i,k)>=ERp(i)));

!Restrição do tempo maq. 1;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):xb1(i,k)*t1(i))<=tempo(k)-3600);

!Restrição do tempo maq. 2;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):xb2(i,k)*t2(i))<=tempo(k)-3600);

!Capacidade de estoque;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):e(i,k))<=C);

!Função controle de estoque de produtos;
@for(indice3(k)|k#EQ#1:
    @for(indice1(i):
        e(i,k)=aux1(i)));

@for(indice3(k)|k#GT#1:
    @for(indice1(i):
        e(i,k)=xb1(i,k-1)+xb2(i,k-1)+xa(i,k-1)+e(i,k-1)-d(i,k-
1)));

@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        e(i,k)>=d(i,k)));

```

```

!Restrição de troca de linha;
@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):
        b1(i,k))<=2);

@for(indice3(k):
    @sum(indice1(i):
        b2(i,k))<=2);

!Restrição que atrela a binária a variável de produção;
@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        xb1(i,k)<=b1(i,k)*M));

@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        xb2(i,k)<=b2(i,k)*M));

!Restrição de chegada dos produtos aos domingos;
@for(indice1(i):
    @for(indice3(k)|k#EQ#7:
        xa(i,k)=0));

!Restrição de produção da maq.1 no domingo;
@for(indice1(i):
    @for(indice3(k)|k#EQ#7#OR#k#EQ#14:
        b1(i,k)=0));

!Restrição de produção da maq.2 no domingo;
@for(indice1(i):
    @for(indice3(k)|k#EQ#7#OR#k#EQ#14:
        b2(i,k)=0));

!Restrição de importação mínima;
!@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        xa(i,k)>=bi(i,k)*1700));

!@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        xa(i,k)<=bi(i,k)*M ));

!Variáveis Binárias;
@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        @bin(b1(i,k))));

@for(indice3(k):
    @for(indice1(i):
        @bin(b2(i,k))));

```

ANEXO 3: DEMANDA DO CENÁRIO 3 PARA M2

1000	1500	2000	2500	5500	5500	0000	1000	2000	2000	1000		
1000	2000	1000										
0500	1500	1500	1000	5500	0500	0000	1000	1000	1500	1000		
2000	1500	5500										
0000	1000	1500	1500	0500	5000	0000	2500	1500	0500	0500	1500	1000
3500												

ANEXO 4: CUSTO DE ESTOCAGEM DOS PRODUTOS CENÁRIO 3 PARA M2

0.05	0.05	0.05
------	------	------

ANEXO 5: MATRIZ TECNOLÓGICA CENÁRIO 3 PARA M2

0012	0012	0012
0012	0000	0000
0000	0012	0000
0000	0000	0012
0012	0000	0000
0000	0012	0000
0000	0000	0012
0001	0000	0000
0000	0001	0000
0000	0000	0001
01.2	02.4	0006
0.60	1.20	1.80

ANEXO 6: CUSTO DE PRODUÇÃO E CUSTO DE IMPORTAÇÃO DO CENÁRIO 3 PARA M2

12.00	15.20	17.20
15.00	16.00	17.80

ANEXO 7: RESULTADOS DO LINGO DE M1 PARA O CENÁRIO 1

Global optimal solution found at step: 71922
 Objective value: 548103.7
 Branch count: 4477

0.00000000	1640.0000	0.00000000
0.00000000	2400.0000	0.00000000
0.00000000	2400.0000	0.00000000
2880.0000	2400.0000	0.00000000
2880.0000	2400.0000	0.00000000
1000.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	3240.0000
0.00000000	0.00000000	1000.0000
0.00000000	500.00000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	460.00000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	660.00000
0.00000000	0.00000000	4500.0000
1000.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000

Model Title: PRODCASA2 3PROD 7DIAS

Variable	Value	Reduced Cost
C	25000.00	0.0000000
M	50000.00	0.0000000
P	1.0000000	0.0000000
ERP(1)	1000.000	0.0000000
ERP(2)	1000.000	0.0000000
ERP(3)	1000.000	0.0000000
CE(1)	0.5000000E-01	0.0000000
CE(2)	0.5000000E-01	0.0000000
CE(3)	0.5000000E-01	0.0000000
CA(1)	15.00000	0.0000000
CA(2)	16.00000	0.0000000
CA(3)	17.80000	0.0000000
CB(1)	12.00000	0.0000000
CB(2)	15.20000	0.0000000
CB(3)	17.20000	0.0000000
T1(1)	10.00000	0.0000000
T1(2)	10.00000	0.0000000
T1(3)	10.00000	0.0000000
T2(1)	12.00000	0.0000000
T2(2)	12.00000	0.0000000
T2(3)	12.00000	0.0000000
AUX1(1)	1000.000	0.0000000

AUX1(2)	1000.000	0.0000000
AUX1(3)	1000.000	0.0000000
AUX3(1)	0.0000000	0.0000000
AUX3(2)	0.0000000	0.0000000
AUX3(3)	0.0000000	0.0000000
ERR(1)	0.0000000	0.0000000
ERR(2)	0.0000000	0.0000000
ERR(3)	0.0000000	0.0000000
ERR(4)	0.0000000	0.0000000
ERR(5)	0.0000000	0.0000000
ERR(6)	0.0000000	0.0000000
ERR(7)	0.0000000	0.0000000
ERR(8)	0.0000000	0.0000000
ERR(9)	0.0000000	0.0000000
ERR(10)	0.0000000	0.0000000
ERR(11)	0.0000000	0.0000000
ERR(12)	0.0000000	0.0000000
AUX2(1)	144000.0	0.0000000
AUX2(2)	48000.00	0.0000000
AUX2(3)	48000.00	0.0000000
AUX2(4)	48000.00	0.0000000
AUX2(5)	48000.00	0.0000000
AUX2(6)	48000.00	0.0000000
AUX2(7)	48000.00	0.0000000
AUX2(8)	4000.000	0.0000000
AUX2(9)	4000.000	0.0000000
AUX2(10)	4000.000	0.0000000
AUX2(11)	38400.00	0.0000000
AUX2(12)	14400.00	0.0000000
CR(1)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(2)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(3)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(4)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(5)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(6)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(7)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(8)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(9)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(10)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(11)	0.1000000E-04	0.0000000
CR(12)	0.1000000E-04	0.0000000
TEMPO(1)	28800.00	0.0000000
TEMPO(2)	28800.00	0.0000000
TEMPO(3)	28800.00	0.0000000
TEMPO(4)	28800.00	0.0000000
TEMPO(5)	28800.00	0.0000000
TEMPO(6)	28800.00	0.0000000
TEMPO(7)	28800.00	0.0000000
XA(1, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 4)	0.0000000	2.398940
XA(1, 5)	0.0000000	2.348940
XA(1, 6)	0.0000000	2.999612
XA(1, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 4)	3240.000	0.0000000
XA(2, 5)	1000.000	0.0000000
XA(2, 6)	0.0000000	0.7995939

	XA(2, 7)	0.0000000	0.0000000
	XA(3, 1)	0.0000000	0.0000000
	XA(3, 2)	0.0000000	0.0000000
	XA(3, 3)	0.0000000	0.0000000
	XA(3, 4)	660.0000	0.0000000
	XA(3, 5)	4500.000	0.0000000
	XA(3, 6)	0.0000000	0.5995529
	XA(3, 7)	0.0000000	0.0000000
	XB1(1, 1)	0.0000000	0.1992077
	XB1(1, 2)	0.0000000	0.0000000
	XB1(1, 3)	0.0000000	0.1989223
	XB1(1, 4)	2880.000	0.0000000
	XB1(1, 5)	2880.000	0.0000000
	XB1(1, 6)	1000.000	0.0000000
	XB1(1, 7)	0.0000000	12.00000
	XB1(2, 1)	2880.000	0.0000000
	XB1(2, 2)	0.0000000	0.0000000
	XB1(2, 3)	2880.000	0.0000000
	XB1(2, 4)	0.0000000	0.0000000
	XB1(2, 5)	0.0000000	0.0000000
	XB1(2, 6)	0.0000000	-0.7453418E-
07			
	XB1(2, 7)	0.0000000	15.20012
	XB1(3, 1)	0.0000000	0.1992084
	XB1(3, 2)	2880.000	0.0000000
	XB1(3, 3)	0.0000000	0.1992920
	XB1(3, 4)	0.0000000	0.6207546E-
03			
	XB1(3, 5)	0.0000000	0.5087078E-
01			
	XB1(3, 6)	1000.000	0.0000000
	XB1(3, 7)	0.0000000	17.20000
	XB2(1, 1)	1640.000	0.0000000
	XB2(1, 2)	2400.000	0.0000000
	XB2(1, 3)	2400.000	0.0000000
	XB2(1, 4)	2400.000	0.0000000
	XB2(1, 5)	2400.000	0.0000000
	XB2(1, 6)	0.0000000	-0.1454566E-
06			
	XB2(1, 7)	0.0000000	12.00000
	XB2(2, 1)	0.0000000	0.0000000
	XB2(2, 2)	0.0000000	0.0000000
	XB2(2, 3)	0.0000000	0.0000000
	XB2(2, 4)	0.0000000	0.0000000
	XB2(2, 5)	0.0000000	0.0000000
	XB2(2, 6)	500.0000	0.0000000
	XB2(2, 7)	0.0000000	15.20012
	XB2(3, 1)	460.0000	0.0000000
	XB2(3, 2)	0.0000000	0.5923440E-
04			
	XB2(3, 3)	0.0000000	0.3699947E-
03			
	XB2(3, 4)	0.0000000	0.6207546E-
03			
	XB2(3, 5)	0.0000000	0.5087075E-
01			
	XB2(3, 6)	0.0000000	0.9174692E-
06			
	XB2(3, 7)	0.0000000	17.20000
	E(1, 1)	1000.000	0.0000000
	E(1, 2)	1640.000	0.0000000

E(1, 3)	2540.000	0.0000000
E(1, 4)	2940.000	0.0000000
E(1, 5)	5720.000	0.0000000
E(1, 6)	5500.000	0.0000000
E(1, 7)	1000.000	0.0000000
E(2, 1)	1000.000	0.0000000
E(2, 2)	3380.000	0.0000000
E(2, 3)	1880.000	0.0000000
E(2, 4)	3260.000	0.0000000
E(2, 5)	5500.000	0.0000000
E(2, 6)	1000.000	0.0000000
E(2, 7)	1000.000	0.0000000
E(3, 1)	1000.000	0.0000000
E(3, 2)	1460.000	0.0000000
E(3, 3)	3340.000	0.0000000
E(3, 4)	1840.000	0.0000000
E(3, 5)	1000.000	0.0000000
E(3, 6)	5000.000	0.0000000
E(3, 7)	1000.000	0.0000000
D(1, 1)	1000.000	0.0000000
D(1, 2)	1500.000	0.0000000
D(1, 3)	2000.000	0.0000000
D(1, 4)	2500.000	0.0000000
D(1, 5)	5500.000	0.0000000
D(1, 6)	5500.000	0.0000000
D(1, 7)	0.0000000	0.0000000
D(2, 1)	500.0000	0.0000000
D(2, 2)	1500.000	0.0000000
D(2, 3)	1500.000	0.0000000
D(2, 4)	1000.000	0.0000000
D(2, 5)	5500.000	0.0000000
D(2, 6)	500.0000	0.0000000
D(2, 7)	0.0000000	0.0000000
D(3, 1)	0.0000000	0.0000000
D(3, 2)	1000.000	0.0000000
D(3, 3)	1500.000	0.0000000
D(3, 4)	1500.000	0.0000000
D(3, 5)	500.0000	0.0000000
D(3, 6)	5000.000	0.0000000
D(3, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 1)	0.0000000	234.1462
B1(1, 2)	0.0000000	177.2700
B1(1, 3)	0.0000000	269.8538
B1(1, 4)	1.000000	216.2419
B1(1, 5)	1.000000	234.2419
B1(1, 6)	1.000000	0.0000000
B1(1, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 1)	1.000000	234.1462
B1(2, 2)	0.0000000	-9782.230
B1(2, 3)	1.000000	269.8538
B1(2, 4)	0.0000000	-9729.858
B1(2, 5)	0.0000000	-7211.858
B1(2, 6)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 1)	0.0000000	234.1462
B1(3, 2)	1.000000	180.2700
B1(3, 3)	0.0000000	269.8538
B1(3, 4)	0.0000000	216.2419
B1(3, 5)	0.0000000	234.2419
B1(3, 6)	1.000000	0.0000000
B1(3, 7)	0.0000000	0.0000000

	B2(1, 1)	1.000000	135.3594
	B2(1, 2)	1.000000	150.2430
	B2(1, 3)	1.000000	165.2016
	B2(1, 4)	1.000000	180.2016
	B2(1, 5)	1.000000	195.2016
	B2(1, 6)	0.000000	0.000000
	B2(1, 7)	0.000000	0.000000
	B2(2, 1)	0.000000	-9825.041
	B2(2, 2)	0.000000	-9809.257
	B2(2, 3)	0.000000	-9780.898
	B2(2, 4)	0.000000	-9765.898
	B2(2, 5)	0.000000	-7250.898
	B2(2, 6)	1.000000	0.000000
	B2(2, 7)	0.000000	0.000000
	B2(3, 1)	1.000000	135.3594
	B2(3, 2)	0.000000	150.2430
	B2(3, 3)	0.000000	165.2016
	B2(3, 4)	0.000000	180.2016
	B2(3, 5)	0.000000	195.2016
	B2(3, 6)	0.000000	0.000000
	B2(3, 7)	0.000000	0.000000
	BI(1, 1)	0.000000	0.000000
	BI(1, 2)	0.000000	0.000000
	BI(1, 3)	0.000000	0.000000
	BI(1, 4)	0.000000	0.000000
	BI(1, 5)	0.000000	0.000000
	BI(1, 6)	0.000000	0.000000
	BI(1, 7)	0.000000	25500.00
	BI(2, 1)	0.000000	0.000000
	BI(2, 2)	0.000000	0.000000
	BI(2, 3)	0.000000	0.000000
	BI(2, 4)	1.000000	0.000000
	BI(2, 5)	0.000000	0.000000
	BI(2, 6)	0.000000	0.000000
	BI(2, 7)	0.000000	27200.00
	BI(3, 1)	0.000000	0.000000
	BI(3, 2)	0.000000	0.000000
	BI(3, 3)	0.000000	0.000000
	BI(3, 4)	0.000000	0.000000
	BI(3, 5)	1.000000	0.000000
	BI(3, 6)	0.000000	0.000000
	BI(3, 7)	0.000000	30260.00
	R(1, 1)	144000.0	0.000000
	R(1, 2)	84240.00	0.000000
	R(1, 3)	63360.00	0.000000
	R(1, 4)	63360.00	0.000000
	R(1, 5)	63360.00	0.000000
	R(1, 6)	30000.00	0.000000
	R(1, 7)	0.000000	0.1000000E-
04			
	R(2, 1)	48000.00	0.000000
	R(2, 2)	28800.00	0.000000
	R(2, 3)	28800.00	0.000000
	R(2, 4)	63360.00	0.000000
	R(2, 5)	63360.00	0.000000
	R(2, 6)	12000.00	0.000000
	R(2, 7)	0.000000	0.1000000E-
04			
	R(3, 1)	48000.00	0.000000
	R(3, 2)	13440.00	0.000000
	R(3, 3)	34560.00	0.000000

	R(3, 4)	0.0000000	0.0000000
	R(3, 5)	0.0000000	0.0000000
	R(3, 6)	6000.000	0.0000000
	R(3, 7)	0.0000000	0.0000000
	R(4, 1)	48000.00	0.0000000
	R(4, 2)	42480.00	0.0000000
	R(4, 3)	7920.000	0.0000000
	R(4, 4)	7920.000	0.0000000
	R(4, 5)	7920.000	0.0000000
	R(4, 6)	12000.00	0.0000000
	R(4, 7)	0.0000000	0.0000000
	R(5, 1)	48000.00	0.0000000
	R(5, 2)	28800.00	0.0000000
	R(5, 3)	28800.00	0.0000000
	R(5, 4)	63360.00	0.0000000
	R(5, 5)	63360.00	0.0000000
	R(5, 6)	12000.00	0.0000000
04	R(5, 7)	0.0000000	0.1000000E-
	R(6, 1)	48000.00	0.0000000
	R(6, 2)	13440.00	0.0000000
	R(6, 3)	34560.00	0.0000000
	R(6, 4)	0.0000000	0.0000000
	R(6, 5)	0.0000000	0.0000000
	R(6, 6)	6000.000	0.0000000
04	R(6, 7)	0.0000000	0.1000000E-
	R(7, 1)	48000.00	0.0000000
	R(7, 2)	42480.00	0.0000000
	R(7, 3)	7920.000	0.0000000
	R(7, 4)	7920.000	0.0000000
	R(7, 5)	7920.000	0.0000000
	R(7, 6)	12000.00	0.0000000
	R(7, 7)	0.0000000	0.0000000
	R(8, 1)	4000.000	0.0000000
	R(8, 2)	2400.000	0.0000000
	R(8, 3)	2400.000	0.0000000
	R(8, 4)	5280.000	0.0000000
	R(8, 5)	5280.000	0.0000000
	R(8, 6)	1000.000	0.0000000
04	R(8, 7)	0.0000000	0.1000000E-
	R(9, 1)	4000.000	0.0000000
	R(9, 2)	1120.000	0.0000000
	R(9, 3)	2880.000	0.0000000
	R(9, 4)	0.0000000	0.0000000
	R(9, 5)	0.0000000	0.0000000
	R(9, 6)	500.0000	0.0000000
	R(9, 7)	0.0000000	0.0000000
	R(10, 1)	4000.000	0.0000000
	R(10, 2)	3540.000	0.0000000
	R(10, 3)	660.0000	0.0000000
	R(10, 4)	660.0000	0.0000000
	R(10, 5)	660.0000	0.0000000
	R(10, 6)	1000.000	0.0000000
04	R(10, 7)	0.0000000	0.1000000E-
	R(11, 1)	38400.00	0.0000000
	R(11, 2)	26760.00	0.0000000
	R(11, 3)	9792.000	0.0000000
	R(11, 4)	6336.000	0.0000000

	R(11, 5)	6336.000	0.0000000
	R(11, 6)	8400.000	0.0000000
04	R(11, 7)	0.0000000	0.1000000E-
	R(12, 1)	14400.00	0.0000000
	R(12, 2)	9132.000	0.0000000
	R(12, 3)	4896.000	0.0000000
	R(12, 4)	3168.000	0.0000000
	R(12, 5)	3168.000	0.0000000
	R(12, 6)	3000.000	0.0000000
04	R(12, 7)	0.0000000	0.1000000E-
04	Y(1, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(1, 2)	42480.00	0.0000000
	Y(1, 3)	63360.00	0.0000000
	Y(1, 4)	63360.00	0.0000000
	Y(1, 5)	30000.00	0.0000000
	Y(1, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(1, 7)	0.0000000	0.0000000
	Y(2, 1)	480.0000	0.0000000
	Y(2, 2)	28800.00	0.0000000
	Y(2, 3)	63360.00	0.0000000
	Y(2, 4)	63360.00	0.0000000
	Y(2, 5)	12000.00	0.0000000
	Y(2, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(2, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(3, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(3, 2)	21120.00	0.0000000
	Y(3, 3)	0.0000000	0.0000000
	Y(3, 4)	0.0000000	0.0000000
	Y(3, 5)	6000.000	0.0000000
	Y(3, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(3, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(4, 1)	0.0000000	0.4000000E-
04	Y(4, 2)	0.0000000	0.3000000E-
04	Y(4, 3)	0.0000000	0.2000000E-
04	Y(4, 4)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(4, 5)	4080.000	0.0000000
04	Y(4, 6)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(4, 7)	0.0000000	0.0000000
	Y(5, 1)	480.0000	0.0000000
	Y(5, 2)	28800.00	0.0000000
	Y(5, 3)	63360.00	0.0000000
	Y(5, 4)	63360.00	0.0000000
	Y(5, 5)	12000.00	0.0000000
	Y(5, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(5, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(6, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(6, 2)	21120.00	0.0000000
	Y(6, 3)	0.0000000	0.0000000
	Y(6, 4)	0.0000000	0.0000000
	Y(6, 5)	6000.000	0.0000000
	Y(6, 6)	0.0000000	0.0000000

	Y(6, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(7, 1)	0.0000000	0.4000000E-
	Y(7, 2)	0.0000000	0.3000000E-
04	Y(7, 3)	0.0000000	0.2000000E-
	Y(7, 4)	0.0000000	0.1000000E-
04	Y(7, 5)	4080.000	0.0000000
	Y(7, 6)	0.0000000	0.1000000E-
04	Y(7, 7)	0.0000000	0.0000000
	Y(8, 1)	40.00000	0.0000000
	Y(8, 2)	2400.000	0.0000000
	Y(8, 3)	5280.000	0.0000000
	Y(8, 4)	5280.000	0.0000000
	Y(8, 5)	1000.000	0.0000000
	Y(8, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(8, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(9, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(9, 2)	1760.000	0.0000000
	Y(9, 3)	0.0000000	0.0000000
	Y(9, 4)	0.0000000	0.0000000
	Y(9, 5)	500.0000	0.0000000
04	Y(9, 6)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(9, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(10, 1)	0.0000000	0.4000000E-
	Y(10, 2)	0.0000000	0.3000000E-
04	Y(10, 3)	0.0000000	0.2000000E-
	Y(10, 4)	0.0000000	0.1000000E-
04	Y(10, 5)	340.0000	0.0000000
	Y(10, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(10, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(11, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(11, 2)	3192.000	0.0000000
	Y(11, 3)	6336.000	0.0000000
	Y(11, 4)	6336.000	0.0000000
	Y(11, 5)	8400.000	0.0000000
	Y(11, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(11, 7)	0.0000000	0.0000000
04	Y(12, 1)	0.0000000	0.1000000E-
	Y(12, 2)	2388.000	0.0000000
	Y(12, 3)	3168.000	0.0000000
	Y(12, 4)	3168.000	0.0000000
	Y(12, 5)	3000.000	0.0000000
	Y(12, 6)	0.0000000	0.0000000
	Y(12, 7)	0.0000000	0.0000000
	A(1, 1)	12.00000	0.0000000
	A(1, 2)	12.00000	0.0000000
	A(1, 3)	12.00000	0.0000000
	A(2, 1)	12.00000	0.0000000
	A(2, 2)	0.0000000	0.0000000

A(2, 3)	0.0000000	0.0000000
A(3, 1)	0.0000000	0.0000000
A(3, 2)	12.00000	0.0000000
A(3, 3)	0.0000000	0.0000000
A(4, 1)	0.0000000	0.0000000
A(4, 2)	0.0000000	0.0000000
A(4, 3)	12.00000	0.0000000
A(5, 1)	12.00000	0.0000000
A(5, 2)	0.0000000	0.0000000
A(5, 3)	0.0000000	0.0000000
A(6, 1)	0.0000000	0.0000000
A(6, 2)	12.00000	0.0000000
A(6, 3)	0.0000000	0.0000000
A(7, 1)	0.0000000	0.0000000
A(7, 2)	0.0000000	0.0000000
A(7, 3)	12.00000	0.0000000
A(8, 1)	1.0000000	0.0000000
A(8, 2)	0.0000000	0.0000000
A(8, 3)	0.0000000	0.0000000
A(9, 1)	0.0000000	0.0000000
A(9, 2)	1.0000000	0.0000000
A(9, 3)	0.0000000	0.0000000
A(10, 1)	0.0000000	0.0000000
A(10, 2)	0.0000000	0.0000000
A(10, 3)	1.0000000	0.0000000
A(11, 1)	1.2000000	0.0000000
A(11, 2)	2.4000000	0.0000000
A(11, 3)	6.0000000	0.0000000
A(12, 1)	0.6000000	0.0000000
A(12, 2)	1.2000000	0.0000000
A(12, 3)	1.8000000	0.0000000
TEMPO1(1)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(2)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(3)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(4)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(5)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(6)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(7)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(1)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(2)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(3)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(4)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(5)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(6)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(7)	0.0000000	0.0000000

Global optimal solution found at step: 96783
Objective value: 545488.0
Branch count: 6138

0.00000000	2400.0000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	1160.0000	0.00000000
2880.0000	2400.0000	0.00000000
2880.0000	2400.0000	0.00000000

0.00000000	1000.0000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
2880.0000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	3240.0000
0.00000000	0.00000000	1000.0000
500.00000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.00000000	2400.0000	0.00000000
0.00000000	940.00000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	1700.0000
0.00000000	0.00000000	3460.0000
0.00000000	1000.0000	0.00000000
0.00000000	0.00000000	0.00000000

Model Title: PRODCASA2 3PROD 7DIAS

Variable	Value	Reduced Cost
C	25000.00	0.0000000
M	50000.00	0.0000000
P	1.0000000	0.0000000
ERP(1)	1000.000	0.0000000
ERP(2)	1000.000	0.0000000
ERP(3)	1000.000	0.0000000
CE(1)	0.0000000	0.0000000
CE(2)	0.0000000	0.0000000
CE(3)	0.0000000	0.0000000
CA(1)	15.00000	0.0000000
CA(2)	16.00000	0.0000000
CA(3)	17.80000	0.0000000
CB(1)	12.00000	0.0000000
CB(2)	15.20000	0.0000000
CB(3)	17.20000	0.0000000
T1(1)	10.00000	0.0000000
T1(2)	10.00000	0.0000000
T1(3)	10.00000	0.0000000
T2(1)	12.00000	0.0000000
T2(2)	12.00000	0.0000000
T2(3)	12.00000	0.0000000
AUX1(1)	1000.000	0.0000000
AUX1(2)	1000.000	0.0000000
AUX1(3)	1000.000	0.0000000
AUX3(1)	0.0000000	0.0000000
AUX3(2)	0.0000000	0.0000000
AUX3(3)	0.0000000	0.0000000
ERR(1)	0.0000000	0.0000000
ERR(2)	0.0000000	0.0000000
ERR(3)	0.0000000	0.0000000
ERR(4)	0.0000000	0.0000000
ERR(5)	0.0000000	0.0000000
ERR(6)	0.0000000	0.0000000
ERR(7)	0.0000000	0.0000000
ERR(8)	0.0000000	0.0000000
ERR(9)	0.0000000	0.0000000
ERR(10)	0.0000000	0.0000000
ERR(11)	0.0000000	0.0000000
ERR(12)	0.0000000	0.0000000
AUX2(1)	144000.0	0.0000000

AUX2(2)	48000.00	0.0000000
AUX2(3)	48000.00	0.0000000
AUX2(4)	48000.00	0.0000000
AUX2(5)	48000.00	0.0000000
AUX2(6)	48000.00	0.0000000
AUX2(7)	48000.00	0.0000000
AUX2(8)	4000.000	0.0000000
AUX2(9)	4000.000	0.0000000
AUX2(10)	4000.000	0.0000000
AUX2(11)	38400.00	0.0000000
AUX2(12)	14400.00	0.0000000
CR(1)	0.0000000	0.0000000
CR(2)	0.0000000	0.0000000
CR(3)	0.0000000	0.0000000
CR(4)	0.0000000	0.0000000
CR(5)	0.0000000	0.0000000
CR(6)	0.0000000	0.0000000
CR(7)	0.0000000	0.0000000
CR(8)	0.0000000	0.0000000
CR(9)	0.0000000	0.0000000
CR(10)	0.0000000	0.0000000
CR(11)	0.0000000	0.0000000
CR(12)	0.0000000	0.0000000
TEMPO(1)	28800.00	0.0000000
TEMPO(2)	28800.00	0.0000000
TEMPO(3)	28800.00	0.0000000
TEMPO(4)	28800.00	0.0000000
TEMPO(5)	28800.00	0.0000000
TEMPO(6)	28800.00	0.0000000
TEMPO(7)	28800.00	0.0000000
XA(1, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 4)	0.0000000	2.400000
XA(1, 5)	0.0000000	2.400000
XA(1, 6)	0.0000000	3.000000
XA(1, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 4)	3240.000	0.0000000
XA(2, 5)	1000.000	0.0000000
XA(2, 6)	0.0000000	0.8000002
XA(2, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 4)	1700.000	0.0000000
XA(3, 5)	3460.000	0.0000000
XA(3, 6)	0.0000000	0.5999992
XA(3, 7)	0.0000000	0.0000000
XB1(1, 1)	0.0000000	0.1999996
XB1(1, 2)	2880.000	0.0000000
XB1(1, 3)	0.0000000	0.1999996
XB1(1, 4)	2880.000	0.0000000
XB1(1, 5)	2880.000	0.0000000
XB1(1, 6)	0.0000000	0.0000000
XB1(1, 7)	0.0000000	12.000000
XB1(2, 1)	2880.000	0.0000000
XB1(2, 2)	0.0000000	0.0000000
XB1(2, 3)	2880.000	0.0000000

D(1, 7)	0.0000000	0.0000000
D(2, 1)	500.0000	0.0000000
D(2, 2)	1500.000	0.0000000
D(2, 3)	1500.000	0.0000000
D(2, 4)	1000.000	0.0000000
D(2, 5)	5500.000	0.0000000
D(2, 6)	500.0000	0.0000000
D(2, 7)	0.0000000	0.0000000
D(3, 1)	0.0000000	0.0000000
D(3, 2)	1000.000	0.0000000
D(3, 3)	1500.000	0.0000000
D(3, 4)	1500.000	0.0000000
D(3, 5)	500.0000	0.0000000
D(3, 6)	5000.000	0.0000000
D(3, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 1)	0.0000000	288.0000
B1(1, 2)	1.000000	216.0000
B1(1, 3)	0.0000000	288.0000
B1(1, 4)	1.000000	216.0000
B1(1, 5)	1.000000	216.0000
B1(1, 6)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 1)	1.000000	288.0000
B1(2, 2)	0.0000000	-9784.000
B1(2, 3)	1.000000	288.0000
B1(2, 4)	0.0000000	-9784.000
B1(2, 5)	0.0000000	-9784.000
B1(2, 6)	1.000000	0.0000000
B1(2, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 1)	0.0000000	288.0000
B1(3, 2)	0.0000000	216.0000
B1(3, 3)	0.0000000	288.0000
B1(3, 4)	0.0000000	216.0000
B1(3, 5)	0.0000000	216.0000
B1(3, 6)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 7)	0.0000000	0.0000000
B2(1, 1)	1.000000	180.0000
B2(1, 2)	0.0000000	180.0000
B2(1, 3)	1.000000	180.0000
B2(1, 4)	1.000000	180.0000
B2(1, 5)	1.000000	180.0000
B2(1, 6)	1.000000	0.0000000
B2(1, 7)	0.0000000	0.0000000
B2(2, 1)	0.0000000	-9820.000
B2(2, 2)	0.0000000	-9820.000
B2(2, 3)	0.0000000	-9820.000
B2(2, 4)	0.0000000	-9820.000
B2(2, 5)	0.0000000	-9820.000
B2(2, 6)	0.0000000	0.0000000
B2(2, 7)	0.0000000	0.0000000
B2(3, 1)	0.0000000	180.0000
B2(3, 2)	1.000000	180.0000
B2(3, 3)	1.000000	180.0000
B2(3, 4)	0.0000000	180.0000
B2(3, 5)	0.0000000	180.0000
B2(3, 6)	1.000000	0.0000000
B2(3, 7)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 1)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 2)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 3)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 4)	0.0000000	0.0000000

BI(1, 5)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 6)	0.0000000	0.0000000
BI(1, 7)	0.0000000	25500.00
BI(2, 1)	0.0000000	0.0000000
BI(2, 2)	0.0000000	0.0000000
BI(2, 3)	0.0000000	0.0000000
BI(2, 4)	1.0000000	0.0000000
BI(2, 5)	0.0000000	0.0000000
BI(2, 6)	0.0000000	0.0000000
BI(2, 7)	0.0000000	27200.00
BI(3, 1)	0.0000000	0.0000000
BI(3, 2)	0.0000000	0.0000000
BI(3, 3)	0.0000000	0.0000000
BI(3, 4)	1.0000000	0.0000000
BI(3, 5)	0.0000000	0.0000000
BI(3, 6)	0.0000000	0.0000000
BI(3, 7)	0.0000000	30260.00
R(1, 1)	144000.0	0.0000000
R(1, 2)	186480.0	0.0000000
R(1, 3)	123120.0	0.0000000
R(1, 4)	63360.00	0.0000000
R(1, 5)	63360.00	0.0000000
R(1, 6)	30000.00	0.0000000
R(1, 7)	0.0000000	0.0000000
R(2, 1)	48000.00	0.0000000
R(2, 2)	48480.00	0.0000000
R(2, 3)	13920.00	0.0000000
R(2, 4)	63360.00	0.0000000
R(2, 5)	63360.00	0.0000000
R(2, 6)	12000.00	0.0000000
R(2, 7)	0.0000000	0.0000000
R(3, 1)	48000.00	0.0000000
R(3, 2)	13440.00	0.0000000
R(3, 3)	34560.00	0.0000000
R(3, 4)	0.0000000	0.0000000
R(3, 5)	0.0000000	0.0000000
R(3, 6)	6000.000	0.0000000
R(3, 7)	0.0000000	0.0000000
R(4, 1)	48000.00	0.0000000
R(4, 2)	52080.00	0.0000000
R(4, 3)	23280.00	0.0000000
R(4, 4)	12000.00	0.0000000
R(4, 5)	12000.00	0.0000000
R(4, 6)	12000.00	0.0000000
R(4, 7)	0.0000000	0.0000000
R(5, 1)	48000.00	0.0000000
R(5, 2)	111840.0	0.0000000
R(5, 3)	77280.00	0.0000000
R(5, 4)	63360.00	0.0000000
R(5, 5)	63360.00	0.0000000
R(5, 6)	12000.00	0.0000000
R(5, 7)	0.0000000	0.0000000
R(6, 1)	48000.00	0.0000000
R(6, 2)	13440.00	0.0000000
R(6, 3)	34560.00	0.0000000
R(6, 4)	0.0000000	0.0000000
R(6, 5)	0.0000000	0.0000000
R(6, 6)	6000.000	0.0000000
R(6, 7)	0.0000000	0.0000000
R(7, 1)	48000.00	0.0000000
R(7, 2)	52080.00	0.0000000

R(7, 3)	23280.00	0.0000000
R(7, 4)	12000.00	0.0000000
R(7, 5)	12000.00	0.0000000
R(7, 6)	12000.00	0.0000000
R(7, 7)	0.0000000	0.0000000
R(8, 1)	4000.000	0.0000000
R(8, 2)	9320.000	0.0000000
R(8, 3)	6440.000	0.0000000
R(8, 4)	5280.000	0.0000000
R(8, 5)	5280.000	0.0000000
R(8, 6)	1000.000	0.0000000
R(8, 7)	0.0000000	0.0000000
R(9, 1)	4000.000	0.0000000
R(9, 2)	2880.000	0.0000000
R(9, 3)	2880.000	0.0000000
R(9, 4)	0.0000000	0.0000000
R(9, 5)	0.0000000	0.0000000
R(9, 6)	500.0000	0.0000000
R(9, 7)	0.0000000	0.0000000
R(10, 1)	4000.000	0.0000000
R(10, 2)	4340.000	0.0000000
R(10, 3)	1940.000	0.0000000
R(10, 4)	1000.000	0.0000000
R(10, 5)	1000.000	0.0000000
R(10, 6)	1000.000	0.0000000
R(10, 7)	0.0000000	0.0000000
R(11, 1)	38400.00	0.0000000
R(11, 2)	44472.00	0.0000000
R(11, 3)	26616.00	0.0000000
R(11, 4)	12672.00	0.0000000
R(11, 5)	6336.000	0.0000000
R(11, 6)	8400.000	0.0000000
R(11, 7)	0.0000000	0.0000000
R(12, 1)	14400.00	0.0000000
R(12, 2)	21228.00	0.0000000
R(12, 3)	15180.00	0.0000000
R(12, 4)	9336.000	0.0000000
R(12, 5)	6168.000	0.0000000
R(12, 6)	3000.000	0.0000000
R(12, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(1, 1)	105840.0	0.0000000
Y(1, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(1, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(1, 4)	63360.00	0.0000000
Y(1, 5)	30000.00	0.0000000
Y(1, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(1, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(2, 1)	29280.00	0.0000000
Y(2, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(2, 3)	63360.00	0.0000000
Y(2, 4)	63360.00	0.0000000
Y(2, 5)	12000.00	0.0000000
Y(2, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(2, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(3, 1)	0.0000000	0.0000000
Y(3, 2)	21120.00	0.0000000
Y(3, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(3, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(3, 5)	6000.000	0.0000000
Y(3, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(3, 7)	0.0000000	0.0000000

Y(4, 1)	4080.000	0.0000000
Y(4, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(4, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(4, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(4, 5)	0.0000000	0.0000000
Y(4, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(4, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(5, 1)	92640.00	0.0000000
Y(5, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(5, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(5, 4)	63360.00	0.0000000
Y(5, 5)	12000.00	0.0000000
Y(5, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(5, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(6, 1)	0.0000000	0.0000000
Y(6, 2)	21120.00	0.0000000
Y(6, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(6, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(6, 5)	6000.000	0.0000000
Y(6, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(6, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 1)	4080.000	0.0000000
Y(7, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 5)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(7, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(8, 1)	7720.000	0.0000000
Y(8, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(8, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(8, 4)	5280.000	0.0000000
Y(8, 5)	1000.000	0.0000000
Y(8, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(8, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(9, 1)	1760.000	0.0000000
Y(9, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(9, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(9, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(9, 5)	500.0000	0.0000000
Y(9, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(9, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 1)	340.0000	0.0000000
Y(10, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 5)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(10, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(11, 1)	15864.00	0.0000000
Y(11, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(11, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(11, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(11, 5)	8400.000	0.0000000
Y(11, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(11, 7)	0.0000000	0.0000000
Y(12, 1)	11724.00	0.0000000
Y(12, 2)	0.0000000	0.0000000
Y(12, 3)	0.0000000	0.0000000
Y(12, 4)	0.0000000	0.0000000
Y(12, 5)	0.0000000	0.0000000

Y(12, 6)	0.0000000	0.0000000
Y(12, 7)	0.0000000	0.0000000
A(1, 1)	12.00000	0.0000000
A(1, 2)	12.00000	0.0000000
A(1, 3)	12.00000	0.0000000
A(2, 1)	12.00000	0.0000000
A(2, 2)	0.0000000	0.0000000
A(2, 3)	0.0000000	0.0000000
A(3, 1)	0.0000000	0.0000000
A(3, 2)	12.00000	0.0000000
A(3, 3)	0.0000000	0.0000000
A(4, 1)	0.0000000	0.0000000
A(4, 2)	0.0000000	0.0000000
A(4, 3)	12.00000	0.0000000
A(5, 1)	12.00000	0.0000000
A(5, 2)	0.0000000	0.0000000
A(5, 3)	0.0000000	0.0000000
A(6, 1)	0.0000000	0.0000000
A(6, 2)	12.00000	0.0000000
A(6, 3)	0.0000000	0.0000000
A(7, 1)	0.0000000	0.0000000
A(7, 2)	0.0000000	0.0000000
A(7, 3)	12.00000	0.0000000
A(8, 1)	1.0000000	0.0000000
A(8, 2)	0.0000000	0.0000000
A(8, 3)	0.0000000	0.0000000
A(9, 1)	0.0000000	0.0000000
A(9, 2)	1.0000000	0.0000000
A(9, 3)	0.0000000	0.0000000
A(10, 1)	0.0000000	0.0000000
A(10, 2)	0.0000000	0.0000000
A(10, 3)	1.0000000	0.0000000
A(11, 1)	1.2000000	0.0000000
A(11, 2)	2.4000000	0.0000000
A(11, 3)	6.0000000	0.0000000
A(12, 1)	0.6000000	0.0000000
A(12, 2)	1.2000000	0.0000000
A(12, 3)	1.8000000	0.0000000
TEMPO1(1)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(2)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(3)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(4)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(5)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(6)	0.0000000	0.0000000
TEMPO1(7)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(1)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(2)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(3)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(4)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(5)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(6)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(7)	0.0000000	0.0000000

ANEXO 8: RESULTADOS DO LINGO DE M2 PARA O CENÁRIO 3

Global optimal solution found at step: 568
 Objective value: 1028088.
 Branch count: 31

Model Title: PRODCASA2 3PROD 14DIAS

Variable	Value	Reduced Cost
C	25000.00	0.0000000
M	50000.00	0.0000000
P	1.0000000	0.0000000
ERP(1)	1000.000	0.0000000
ERP(2)	1000.000	0.0000000
ERP(3)	1000.000	0.0000000
CE(1)	0.0000000	0.0000000
CE(2)	0.0000000	0.0000000
CE(3)	0.0000000	0.0000000
CA(1)	15.00000	0.0000000
CA(2)	16.00000	0.0000000
CA(3)	17.80000	0.0000000
CB(1)	12.00000	0.0000000
CB(2)	15.20000	0.0000000
CB(3)	17.20000	0.0000000
T1(1)	10.00000	0.0000000
T1(2)	10.00000	0.0000000
T1(3)	10.00000	0.0000000
T2(1)	12.00000	0.0000000
T2(2)	12.00000	0.0000000
T2(3)	12.00000	0.0000000
AUX1(1)	1000.000	0.0000000
AUX1(2)	1000.000	0.0000000
AUX1(3)	1000.000	0.0000000
AUX3(1)	0.0000000	0.0000000
AUX3(2)	0.0000000	0.0000000
AUX3(3)	0.0000000	0.0000000
TEMPO(1)	28800.00	0.0000000
TEMPO(2)	28800.00	0.0000000
TEMPO(3)	28800.00	0.0000000
TEMPO(4)	28800.00	0.0000000
TEMPO(5)	28800.00	0.0000000
TEMPO(6)	28800.00	0.0000000
TEMPO(7)	28800.00	0.0000000
TEMPO(8)	28800.00	0.0000000
TEMPO(9)	28800.00	0.0000000
TEMPO(10)	28800.00	0.0000000
TEMPO(11)	28800.00	0.0000000
TEMPO(12)	28800.00	0.0000000
TEMPO(13)	28800.00	0.0000000
TEMPO(14)	28800.00	0.0000000
XA(1, 1)	0.0000000	2.2000000
XA(1, 2)	0.0000000	2.2000000
XA(1, 3)	0.0000000	2.2000000
XA(1, 4)	0.0000000	2.2000000
XA(1, 5)	0.0000000	2.2000000
XA(1, 6)	0.0000000	2.4000000
XA(1, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(1, 8)	0.0000000	2.4000000

XA(1, 9)	0.0000000	2.400000
XA(1, 10)	0.0000000	2.400000
XA(1, 11)	0.0000000	2.400000
XA(1, 12)	0.0000000	2.400000
XA(1, 13)	0.0000000	3.000000
XA(1, 14)	0.0000000	15.00000
XA(2, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 2)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 3)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 4)	2900.000	0.0000000
XA(2, 5)	1000.000	0.0000000
XA(2, 6)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(2, 8)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 9)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 10)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 11)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 12)	0.0000000	0.1999998
XA(2, 13)	0.0000000	0.8000002
XA(2, 14)	0.0000000	16.00000
XA(3, 1)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 2)	1500.000	0.0000000
XA(3, 3)	1500.000	0.0000000
XA(3, 4)	1000.000	0.0000000
XA(3, 5)	4500.000	0.0000000
XA(3, 6)	980.0000	0.0000000
XA(3, 7)	0.0000000	0.0000000
XA(3, 8)	1000.000	0.0000000
XA(3, 9)	0.0000000	0.7629395E-06
XA(3, 10)	160.0000	0.0000000
XA(3, 11)	1000.000	0.0000000
XA(3, 12)	640.0000	0.0000000
XA(3, 13)	0.0000000	0.5999992
XA(3, 14)	0.0000000	17.80000
XB1(1, 1)	0.0000000	0.0000000
XB1(1, 2)	0.0000000	-0.2086163E-06
XB1(1, 3)	2520.000	0.0000000
XB1(1, 4)	2520.000	0.0000000
XB1(1, 5)	2520.000	0.0000000
XB1(1, 6)	0.0000000	-0.3948808E-06
XB1(1, 7)	0.0000000	0.0000000
XB1(1, 8)	2520.000	0.0000000
XB1(1, 9)	680.0000	0.0000000
XB1(1, 10)	0.0000000	-0.3948808E-06
XB1(1, 11)	1740.000	0.0000000
XB1(1, 12)	160.0000	0.0000000
XB1(1, 13)	0.0000000	0.0000000
XB1(1, 14)	0.0000000	12.00000
XB1(2, 1)	2520.000	0.0000000
XB1(2, 2)	2520.000	0.0000000
XB1(2, 3)	0.0000000	-0.1788139E-07
XB1(2, 4)	0.0000000	0.0000000
XB1(2, 5)	0.0000000	0.0000000
XB1(2, 6)	0.0000000	-0.2041459E-06
XB1(2, 7)	0.0000000	0.0000000
XB1(2, 8)	0.0000000	-0.2041459E-06
XB1(2, 9)	0.0000000	-0.2041459E-06
XB1(2, 10)	2520.000	0.0000000
XB1(2, 11)	780.0000	0.0000000
XB1(2, 12)	0.0000000	-0.2041459E-06
XB1(2, 13)	1000.000	0.0000000

XB1(2, 14)	0.0000000	15.20000
XB1(3, 1)	0.0000000	0.2000007
XB1(3, 2)	0.0000000	0.2000007
XB1(3, 3)	0.0000000	0.2000007
XB1(3, 4)	0.0000000	0.2000007
XB1(3, 5)	0.0000000	0.2000007
XB1(3, 6)	2520.000	0.0000000
XB1(3, 7)	0.0000000	0.0000000
XB1(3, 8)	0.0000000	0.0000000
XB1(3, 9)	1840.000	0.0000000
XB1(3, 10)	0.0000000	0.0000000
XB1(3, 11)	0.0000000	0.0000000
XB1(3, 12)	2360.000	0.0000000
XB1(3, 13)	0.0000000	-0.7629395E-06
XB1(3, 14)	0.0000000	17.20000
XB2(1, 1)	1500.000	0.0000000
XB2(1, 2)	2000.000	0.0000000
XB2(1, 3)	1740.000	0.0000000
XB2(1, 4)	2100.000	0.0000000
XB2(1, 5)	2100.000	0.0000000
XB2(1, 6)	1500.000	0.0000000
XB2(1, 7)	0.0000000	0.0000000
XB2(1, 8)	300.0000	0.0000000
XB2(1, 9)	0.0000000	0.0000000
XB2(1, 10)	2100.000	0.0000000
XB2(1, 11)	0.0000000	0.0000000
XB2(1, 12)	0.0000000	-0.3725290E-06
XB2(1, 13)	1000.000	0.0000000
XB2(1, 14)	0.0000000	12.00000
XB2(2, 1)	600.0000	0.0000000
XB2(2, 2)	100.0000	0.0000000
XB2(2, 3)	360.0000	0.0000000
XB2(2, 4)	0.0000000	0.0000000
XB2(2, 5)	0.0000000	0.0000000
XB2(2, 6)	600.0000	0.0000000
XB2(2, 7)	0.0000000	0.0000000
XB2(2, 8)	1800.000	0.0000000
XB2(2, 9)	2100.000	0.0000000
XB2(2, 10)	0.0000000	0.0000000
XB2(2, 11)	2100.000	0.0000000
XB2(2, 12)	2100.000	0.0000000
XB2(2, 13)	0.0000000	0.0000000
XB2(2, 14)	0.0000000	15.20000
XB2(3, 1)	0.0000000	0.2000008
XB2(3, 2)	0.0000000	0.2000008
XB2(3, 3)	0.0000000	0.2000008
XB2(3, 4)	0.0000000	0.2000008
XB2(3, 5)	0.0000000	0.2000008
XB2(3, 6)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 7)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 8)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 9)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 10)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 11)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 12)	0.0000000	0.0000000
XB2(3, 13)	1000.000	0.0000000
XB2(3, 14)	0.0000000	17.20000
E(1, 1)	1000.000	0.0000000
E(1, 2)	1500.000	0.0000000
E(1, 3)	2000.000	0.0000000
E(1, 4)	4260.000	0.0000000

E(1, 5)	6380.000	0.0000000
E(1, 6)	5500.000	0.0000000
E(1, 7)	1500.000	0.0000000
E(1, 8)	1500.000	0.0000000
E(1, 9)	2820.000	0.0000000
E(1, 10)	1000.000	0.0000000
E(1, 11)	2100.000	0.0000000
E(1, 12)	1840.000	0.0000000
E(1, 13)	1000.000	0.0000000
E(1, 14)	1000.000	0.0000000
E(2, 1)	1000.000	0.0000000
E(2, 2)	3620.000	0.0000000
E(2, 3)	4740.000	0.0000000
E(2, 4)	3600.000	0.0000000
E(2, 5)	5500.000	0.0000000
E(2, 6)	1000.000	0.0000000
E(2, 7)	1100.000	0.0000000
E(2, 8)	1100.000	0.0000000
E(2, 9)	1900.000	0.0000000
E(2, 10)	2500.000	0.0000000
E(2, 11)	2520.000	0.0000000
E(2, 12)	2900.000	0.0000000
E(2, 13)	2500.000	0.0000000
E(2, 14)	1000.000	0.0000000
E(3, 1)	1000.000	0.0000000
E(3, 2)	1000.000	0.0000000
E(3, 3)	1500.000	0.0000000
E(3, 4)	1500.000	0.0000000
E(3, 5)	1000.000	0.0000000
E(3, 6)	5000.000	0.0000000
E(3, 7)	3500.000	0.0000000
E(3, 8)	3500.000	0.0000000
E(3, 9)	1000.000	0.0000000
E(3, 10)	1840.000	0.0000000
E(3, 11)	1000.000	0.0000000
E(3, 12)	1000.000	0.0000000
E(3, 13)	3000.000	0.0000000
E(3, 14)	1000.000	0.0000000
D(1, 1)	1000.000	0.0000000
D(1, 2)	1500.000	0.0000000
D(1, 3)	2000.000	0.0000000
D(1, 4)	2500.000	0.0000000
D(1, 5)	5500.000	0.0000000
D(1, 6)	5500.000	0.0000000
D(1, 7)	0.0000000	0.0000000
D(1, 8)	1500.000	0.0000000
D(1, 9)	2500.000	0.0000000
D(1, 10)	1000.000	0.0000000
D(1, 11)	2000.000	0.0000000
D(1, 12)	1000.000	0.0000000
D(1, 13)	1000.000	0.0000000
D(1, 14)	0.0000000	0.0000000
D(2, 1)	500.0000	0.0000000
D(2, 2)	1500.000	0.0000000
D(2, 3)	1500.000	0.0000000
D(2, 4)	1000.000	0.0000000
D(2, 5)	5500.000	0.0000000
D(2, 6)	500.0000	0.0000000
D(2, 7)	0.0000000	0.0000000
D(2, 8)	1000.000	0.0000000
D(2, 9)	1500.000	0.0000000

D(2, 10)	2500.000	0.0000000
D(2, 11)	2500.000	0.0000000
D(2, 12)	2500.000	0.0000000
D(2, 13)	2500.000	0.0000000
D(2, 14)	0.0000000	0.0000000
D(3, 1)	0.0000000	0.0000000
D(3, 2)	1000.000	0.0000000
D(3, 3)	1500.000	0.0000000
D(3, 4)	1500.000	0.0000000
D(3, 5)	500.0000	0.0000000
D(3, 6)	5000.000	0.0000000
D(3, 7)	0.0000000	0.0000000
D(3, 8)	3500.000	0.0000000
D(3, 9)	1000.000	0.0000000
D(3, 10)	1000.000	0.0000000
D(3, 11)	1000.000	0.0000000
D(3, 12)	1000.000	0.0000000
D(3, 13)	3000.000	0.0000000
D(3, 14)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 1)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 2)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 3)	1.000000	0.0000000
B1(1, 4)	1.000000	0.0000000
B1(1, 5)	1.000000	0.0000000
B1(1, 6)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 8)	1.000000	0.0000000
B1(1, 9)	1.000000	0.0000000
B1(1, 10)	1.000000	0.0000000
B1(1, 11)	1.000000	0.0000000
B1(1, 12)	1.000000	0.0000000
B1(1, 13)	0.0000000	0.0000000
B1(1, 14)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 1)	1.000000	0.0000000
B1(2, 2)	1.000000	0.0000000
B1(2, 3)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 4)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 5)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 6)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 8)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 9)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 10)	1.000000	0.0000000
B1(2, 11)	1.000000	0.0000000
B1(2, 12)	0.0000000	0.0000000
B1(2, 13)	1.000000	0.0000000
B1(2, 14)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 1)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 2)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 3)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 4)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 5)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 6)	1.000000	0.0000000
B1(3, 7)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 8)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 9)	1.000000	0.0000000
B1(3, 10)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 11)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 12)	1.000000	0.0000000
B1(3, 13)	0.0000000	0.0000000
B1(3, 14)	0.0000000	0.0000000

B2(1, 1)	1.000000	0.000000
B2(1, 2)	1.000000	0.000000
B2(1, 3)	1.000000	0.000000
B2(1, 4)	1.000000	0.000000
B2(1, 5)	1.000000	0.000000
B2(1, 6)	1.000000	0.000000
B2(1, 7)	0.000000	0.000000
B2(1, 8)	1.000000	0.000000
B2(1, 9)	0.000000	0.000000
B2(1, 10)	1.000000	0.000000
B2(1, 11)	0.000000	0.000000
B2(1, 12)	1.000000	0.000000
B2(1, 13)	1.000000	0.000000
B2(1, 14)	0.000000	0.000000
B2(2, 1)	1.000000	0.000000
B2(2, 2)	1.000000	0.000000
B2(2, 3)	1.000000	0.000000
B2(2, 4)	0.000000	0.000000
B2(2, 5)	0.000000	0.000000
B2(2, 6)	1.000000	0.000000
B2(2, 7)	0.000000	0.000000
B2(2, 8)	1.000000	0.000000
B2(2, 9)	1.000000	0.000000
B2(2, 10)	0.000000	0.000000
B2(2, 11)	1.000000	0.000000
B2(2, 12)	1.000000	0.000000
B2(2, 13)	0.000000	0.000000
B2(2, 14)	0.000000	0.000000
B2(3, 1)	0.000000	0.000000
B2(3, 2)	0.000000	0.000000
B2(3, 3)	0.000000	0.000000
B2(3, 4)	0.000000	0.000000
B2(3, 5)	0.000000	0.000000
B2(3, 6)	0.000000	0.000000
B2(3, 7)	0.000000	0.000000
B2(3, 8)	0.000000	0.000000
B2(3, 9)	0.000000	0.000000
B2(3, 10)	0.000000	0.000000
B2(3, 11)	0.000000	0.000000
B2(3, 12)	0.000000	0.000000
B2(3, 13)	1.000000	0.000000
B2(3, 14)	0.000000	0.000000
TEMPO1(1)	0.000000	0.000000
TEMPO1(2)	0.000000	0.000000
TEMPO1(3)	0.000000	0.000000
TEMPO1(4)	0.000000	0.000000
TEMPO1(5)	0.000000	0.000000
TEMPO1(6)	0.000000	0.000000
TEMPO1(7)	0.000000	0.000000
TEMPO1(8)	0.000000	0.000000
TEMPO1(9)	0.000000	0.000000
TEMPO1(10)	0.000000	0.000000
TEMPO1(11)	0.000000	0.000000
TEMPO1(12)	0.000000	0.000000
TEMPO1(13)	0.000000	0.000000
TEMPO1(14)	0.000000	0.000000
TEMPO2(1)	0.000000	0.000000
TEMPO2(2)	0.000000	0.000000
TEMPO2(3)	0.000000	0.000000
TEMPO2(4)	0.000000	0.000000
TEMPO2(5)	0.000000	0.000000

TEMPO2(6)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(7)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(8)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(9)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(10)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(11)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(12)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(13)	0.0000000	0.0000000
TEMPO2(14)	0.0000000	0.0000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1028088.	-1.000000
2	0.0000000	0.0000000
3	0.0000000	0.0000000
4	0.0000000	0.0000000
5	500.0000	0.0000000
6	2620.000	0.0000000
7	0.0000000	0.0000000
8	1000.000	0.0000000
9	3740.000	0.0000000
10	500.0000	0.0000000
11	3260.000	0.0000000
12	2600.000	0.0000000
13	500.0000	0.0000000
14	5380.000	0.0000000
15	4500.000	0.0000000
16	0.0000000	0.0000000
17	4500.000	0.0000000
18	0.0000000	-0.2000000
19	4000.000	0.0000000
20	500.0000	0.0000000
21	100.0000	0.0000000
22	2500.000	0.0000000
23	500.0000	0.0000000
24	100.0000	0.0000000
25	2500.000	0.0000000
26	1820.000	0.0000000
27	900.0000	0.0000000
28	0.0000000	0.0000000
29	0.0000000	0.0000000
30	1500.000	0.0000000
31	840.0000	0.0000000
32	1100.000	0.0000000
33	1520.000	0.0000000
34	0.0000000	0.0000000
35	840.0000	0.0000000
36	1900.000	0.0000000
37	0.0000000	0.0000000
38	0.0000000	-0.6000000
39	1500.000	0.0000000
40	2000.000	0.0000000
41	0.0000000	-12.00000
42	0.0000000	-15.20000
43	0.0000000	-17.20000
44	0.0000000	0.8000000E-01
45	0.0000000	0.8000000E-01
46	0.0000000	0.8000000E-01
47	0.0000000	0.8000000E-01
48	0.0000000	0.8000000E-01
49	0.0000000	0.6000000E-01
50	25200.00	0.0000000

51	0.0000000	0.6000000E-01
52	0.0000000	0.6000000E-01
53	0.0000000	0.6000000E-01
54	0.0000000	0.6000000E-01
55	0.0000000	0.6000000E-01
56	15200.00	0.0000000
57	25200.00	0.0000000
58	0.0000000	0.6666667E-01
59	0.0000000	0.6666667E-01
60	0.0000000	0.6666667E-01
61	0.0000000	0.6666667E-01
62	0.0000000	0.6666667E-01
63	0.0000000	0.5000000E-01
64	25200.00	0.0000000
65	0.0000000	0.5000000E-01
66	0.0000000	0.5000000E-01
67	0.0000000	0.5000000E-01
68	0.0000000	0.5000000E-01
69	0.0000000	0.5000000E-01
70	1200.000	0.0000000
71	25200.00	0.0000000
72	22000.00	0.0000000
73	18880.00	0.0000000
74	16760.00	0.0000000
75	15640.00	0.0000000
76	12120.00	0.0000000
77	13500.00	0.0000000
78	18900.00	0.0000000
79	18900.00	0.0000000
80	19280.00	0.0000000
81	19660.00	0.0000000
82	19380.00	0.0000000
83	19260.00	0.0000000
84	18500.00	0.0000000
85	22000.00	0.0000000
86	0.0000000	12.80000
87	0.0000000	16.00000
88	0.0000000	17.80000
89	0.0000000	12.80000
90	0.0000000	16.00000
91	0.0000000	17.80000
92	0.0000000	12.80000
93	0.0000000	16.00000
94	0.0000000	17.80000
95	0.0000000	12.80000
96	0.0000000	16.00000
97	0.0000000	17.80000
98	0.0000000	12.80000
99	0.0000000	16.00000
100	0.0000000	17.80000
101	0.0000000	12.80000
102	0.0000000	16.00000
103	0.0000000	17.80000
104	0.0000000	12.60000
105	0.0000000	15.80000
106	0.0000000	17.80000
107	0.0000000	12.60000
108	0.0000000	15.80000
109	0.0000000	17.80000
110	0.0000000	12.60000
111	0.0000000	15.80000

112	0.0000000	17.80000
113	0.0000000	12.60000
114	0.0000000	15.80000
115	0.0000000	17.80000
116	0.0000000	12.60000
117	0.0000000	15.80000
118	0.0000000	17.80000
119	0.0000000	12.60000
120	0.0000000	15.80000
121	0.0000000	17.80000
122	0.0000000	12.60000
123	0.0000000	15.80000
124	0.0000000	17.80000
125	0.0000000	12.00000
126	0.0000000	15.20000
127	0.0000000	17.20000
128	0.0000000	0.0000000
129	500.0000	0.0000000
130	1000.000	0.0000000
131	0.0000000	0.0000000
132	2120.000	0.0000000
133	0.0000000	0.0000000
134	0.0000000	0.0000000
135	3240.000	0.0000000
136	0.0000000	0.0000000
137	1760.000	0.0000000
138	2600.000	0.0000000
139	0.0000000	0.0000000
140	880.0000	0.0000000
141	0.0000000	0.0000000
142	500.0000	0.0000000
143	0.0000000	-0.2000000
144	500.0000	0.0000000
145	0.0000000	0.0000000
146	1500.000	0.0000000
147	1100.000	0.0000000
148	3500.000	0.0000000
149	0.0000000	0.0000000
150	100.0000	0.0000000
151	0.0000000	0.0000000
152	320.0000	0.0000000
153	400.0000	0.0000000
154	0.0000000	0.0000000
155	0.0000000	0.0000000
156	0.0000000	0.0000000
157	840.0000	0.0000000
158	100.0000	0.0000000
159	20.00000	0.0000000
160	0.0000000	0.0000000
161	840.0000	0.0000000
162	400.0000	0.0000000
163	0.0000000	0.0000000
164	0.0000000	0.0000000
165	0.0000000	-0.6000000
166	0.0000000	-0.6000000
167	1000.000	0.0000000
168	1000.000	0.0000000
169	1000.000	0.0000000
170	1.000000	0.0000000
171	1.000000	0.0000000
172	1.000000	0.0000000

173	1.000000	0.0000000
174	1.000000	0.0000000
175	1.000000	0.0000000
176	2.000000	0.0000000
177	1.000000	0.0000000
178	0.0000000	0.0000000
179	0.0000000	0.0000000
180	0.0000000	0.0000000
181	0.0000000	0.0000000
182	1.000000	0.0000000
183	2.000000	0.0000000
184	0.0000000	0.0000000
185	0.0000000	0.0000000
186	0.0000000	0.0000000
187	1.000000	0.0000000
188	1.000000	0.0000000
189	0.0000000	0.0000000
190	2.000000	0.0000000
191	0.0000000	0.0000000
192	1.000000	0.0000000
193	1.000000	0.0000000
194	1.000000	0.0000000
195	0.0000000	0.0000000
196	0.0000000	0.0000000
197	2.000000	0.0000000
198	0.0000000	0.0000000
199	47480.00	0.0000000
200	0.0000000	0.0000000
201	0.0000000	0.0000000
202	47480.00	0.0000000
203	0.0000000	0.0000000
204	47480.00	0.0000000
205	0.0000000	0.0000000
206	0.0000000	0.0000000
207	47480.00	0.0000000
208	0.0000000	0.0000000
209	0.0000000	0.0000000
210	47480.00	0.0000000
211	0.0000000	0.0000000
212	0.0000000	0.0000000
213	0.0000000	0.0000000
214	0.0000000	0.0000000
215	47480.00	0.0000000
216	0.0000000	0.6000000
217	0.0000000	0.6000000
218	0.0000000	0.6000000
219	47480.00	0.0000000
220	0.0000000	0.0000000
221	0.0000000	0.0000000
222	49320.00	0.0000000
223	0.0000000	0.0000000
224	48160.00	0.0000000
225	50000.00	0.0000000
226	47480.00	0.0000000
227	0.0000000	0.0000000
228	48260.00	0.0000000
229	49220.00	0.0000000
230	0.0000000	0.0000000
231	49840.00	0.0000000
232	0.0000000	0.0000000
233	47640.00	0.0000000

234	0.0000000	0.0000000
235	49000.00	0.0000000
236	0.0000000	0.0000000
237	0.0000000	0.0000000
238	0.0000000	0.0000000
239	0.0000000	0.0000000
240	48500.00	0.0000000
241	49400.00	0.0000000
242	0.0000000	0.0000000
243	48000.00	0.0000000
244	49900.00	0.0000000
245	0.0000000	0.0000000
246	48260.00	0.0000000
247	49640.00	0.0000000
248	0.0000000	0.0000000
249	47900.00	0.0000000
250	0.0000000	0.0000000
251	0.0000000	0.0000000
252	47900.00	0.0000000
253	0.0000000	0.0000000
254	0.0000000	0.0000000
255	48500.00	0.0000000
256	49400.00	0.0000000
257	0.0000000	0.0000000
258	0.0000000	0.6000000
259	0.0000000	0.6000000
260	0.0000000	0.6000000
261	49700.00	0.0000000
262	48200.00	0.0000000
263	0.0000000	0.0000000
264	0.0000000	0.0000000
265	47900.00	0.0000000
266	0.0000000	0.0000000
267	47900.00	0.0000000
268	0.0000000	0.0000000
269	0.0000000	0.0000000
270	0.0000000	0.0000000
271	47900.00	0.0000000
272	0.0000000	0.0000000
273	50000.00	0.0000000
274	47900.00	0.0000000
275	0.0000000	0.0000000
276	49000.00	0.0000000
277	0.0000000	0.0000000
278	49000.00	0.0000000
279	0.0000000	0.0000000
280	0.0000000	0.0000000
281	0.0000000	0.0000000
282	0.0000000	-2.400000
283	0.0000000	-0.1999998
284	0.0000000	-0.9536743E-06
285	0.0000000	30000.00
286	0.0000000	0.0000000
287	0.0000000	30000.00
288	0.0000000	0.0000000
289	0.0000000	30000.00
290	0.0000000	0.0000000
291	0.0000000	30000.00
292	0.0000000	0.0000000
293	0.0000000	30000.00
294	0.0000000	0.0000000

295	0.0000000	30000.00
296	0.0000000	0.0000000

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, H. L. , GIANESI, I. G. N., Caon, M. Planejamento, Programação e Controle da Produção, Atlas, 2001.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. N., Just in Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico, Segunda Edição – São Paulo: Atlas,1993.

CORRÊA, H. L., Sistemas Integrados de Planejamento dos Recursos de Manufatura: Contribuição á Análise de Adequação e Aplicação, Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1988.

GELDERS, Ludo F., WASSENHOVE, Luk V., Capacity Planning in MRP, JIT and OPT a Critique, Engineering Costs and Production Economics, v.9, p.201-209, 1985.

GOICOCHEIA, A. , HANSEN D. R. , DUCKSTEIN, L. Multiobjective Decision With Engineering and Business Applications, John Wiley & Sons,1982.

HUGE, Ernest C., ANDERSON Alan D., Guia Para Exelência de Produção: Novas Estratégias Para Empresas de Classe Mundial, Tradução: Carmen Dolores Straube, Nina Montenegro Ferreira. – São Paulo: Atlas, 1993.

JENSSON, Pall, Daily Production Planning in Fish Processing, European Journal of Operational Research, v.36, p.410-415, 1988.

JOLAYEMI, J.K., e OLORUNNIWO, F.O., A Deterministic Model for Planning Production Quantities in a Mult-Plant, Multi-Warehouse Environment With Extensible Capacities, International Journal of Production Economics, 2003.

KALPIC, Damir, MORNAR, Vedran, e BARANOVIC, Mirta., Case Study Based on a Multi-Period Multi-Criteria Production Planning Model, European Journal of Operational Research, v.87, p.658-669, 1995.

LUCERO, Adrián G. R., Um Método de Otimização para a Programação da Manufatura em Pequenos Lotes, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina- Florianópolis, 2001.

NEELY, A.D. and BYRNE M.D, A Simulation Study of Bottleneck Scheduling , International Journal of Production Economics, v.26, p.187- 192, 1992.

OHNO, Taiichi; Tradução: Cristina Schumacher, O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, Fabiana de, Aplicação de Goal Programming em um Problema Florestal, Dissertação de Mestrado, 2000, Universidade Federal do Paraná.

PLENERT, G., Theory and Methodology: Focusing Material Requirements Planning (MRP) Towards Performance, European Journal of Operational Research. v.119, p. 91-99, 1999.

RANDHAWA, Sabah U., e BJARNASON, Einar T. “A decision aid for coordinating fishing and fish processing” European Journal of Operational Research, v.81, p.62-75, 1993.

SLACK, Nigel, CHAMBERS Stuart, JOHNSTON Robert; tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher. Administração da Produção, 2. ed. – São Paulo : Atlas, 2002.

SOUZA, Alceu., Políticas de Suprimento, Tecnologia de Produção e Tecnologia de Gestão, Tese de Doutorado, 1996, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.

TANG, L., LIU, J., RONG, A., ZIHOU, Y. “Theory and Methodology: A Mathematical Programming Model for Scheduling Steelmaking-Continuous Casting Production, European Journal of Operational Research. v.120, p. 423-435, 2000.

TUBINO, Dalvio Ferrari., Manual de Planejamento e Controle da Produção, 2. ed. – São Paulo : Atlas, 2000.

WAGNER, Harvey M., Pesquisa Operacional, Tradução: Paulo Antônio Mariotto-Prentice-Hall do Brasil – Rio de Janeiro, 1986.