

# ELABORAÇÃO DE UM PLANO ÓTIMO DE PRODUÇÃO PARA MAXIMIZAÇÃO DE LUCRO DE UMA INDÚSTRIA DE NUTRIÇÃO ANIMAL UTILIZANDO PESQUISA OPERACIONAL

**Layse da Silva Gontijo**

Centro Brasileiro de Educação e Cultura – CENBEC/FINOM

[laysegontijo@hotmail.com](mailto:laysegontijo@hotmail.com)

**Rosimeire Fernandes Cruz Pereira**

Centro Brasileiro de Educação e Cultura – CENBEC/FINOM

[rosimeirefc@hotmail.com](mailto:rosimeirefc@hotmail.com)

**Helvécio Patrocínio de Magalhães**

Centro Brasileiro de Educação e Cultura – CENBEC/FINOM

[engproducao@finom.edu.br](mailto:engproducao@finom.edu.br)

**Amanda Máximo Cunha**

Centro Brasileiro de Educação e Cultura – CENBEC/FINOM

[amandacunha92@gmail.com](mailto:amandacunha92@gmail.com)

## Resumo

O planejamento e controle da produção são funções-chave nas mais modernas indústrias manufatureiras, uma área de decisão da manufatura que corresponde tanto em planejar quanto em controlar os recursos do processo produtivo, vai desde o planejamento até o gerenciamento e controle sobre o quê, quanto, como e quando produzir. Neste sentido, as organizações na busca pela otimização do planejamento e controle da produção escolhendo ferramentas de gestão que auxiliem nas tomadas de decisão, visto que os problemas e as decisões tem se tornado cada vez mais complexas e de maior responsabilidade. Dentre as principais medidas adotadas pelas organizações para se sobressair frente aos problemas causados pela crescente complexidade e especialização dos processos, tem-se a utilização de a pesquisa operacional, uma das técnicas mais utilizadas para resolver problemas da pesquisa operacional é a programação linear que trata do problema de alocação ótima de recursos escassos para a realização de atividades que competem entre si. Diante disso, o objetivo deste estudo é verificar de que forma a pesquisa operacional pode mover ações para otimizar o planejamento e controle da produção em uma indústria de nutrição animal. Utilizou-se do método de abordagem quanti-qualitativa para responder o problema de estudo. Escolheu-se como instrumento de pesquisa o roteiro para análise documental. Diante disso, concluiu-se que a pesquisa operacional é uma excelente ferramenta de apoio à gestão da produção, ou seja, diante do planejamento e controle da produção, onde a mesma permite ter informações precisas para o responsável pelo processo, deste modo, conclui-se neste estudo que dois fatores foram preponderantes no processo, sendo elas: as restrições, denominadas capacidade de fabricação e mão de obra disponível, estes fatores apresentaram seus recursos subutilizados, devido à falta de mercado para absorver a produção nesta época do ano, em se tratando de produtos para nutrição animal, em épocas de chuva, os produtores rurais podem recorrer-se às pastagens que brotam em razão da chuva (volumoso). Neste sentido, é fundamental a abertura de novos mercados em outras regiões (centro-oeste, norte, nordeste) para fomentar o crescimento das vendas.

**Palavras-Chaves:** Plano ótimo; Pesquisa Operacional; Planejamento e Controle da Produção.

## **Abstract**

The planning and production control are key functions in the most modern manufacturing industries, an area of the manufacturing decision that corresponds both in plan and in controlling the resources of the production process, from planning to going management and control over what, how much how and when to produce. In this sense, organizations in the search for the optimization of production planning and control of choosing management tools to assist in decision making, as problems and decisions have become increasingly complex and more responsibility. Among the main measures adopted by organizations to excel with the problems caused by the increasing complexity and specialization of processes, there is the use of operational research, one of the most used techniques for solving operations research linear programming is dealing with problem of optimal allocation of scarce resources to perform activities that compete with each other. Therefore, the aim of this study is to determine how operations research can move actions to optimize the planning and control of production in an industry of animal nutrition. We used the method of quantitative and qualitative approach to address the problem of study. Was chosen as a research tool script for document analysis. Therefore, it was concluded that operational research is an excellent tool to support the management of production, ie, before the planning and control of production, where it allows you to have accurate information to the responsible case thus concluded in this study that two factors were predominant in the process, namely: restrictions, called manufacturing capacity and available labor, these factors presented their underutilized resources due to lack of market to absorb the production this time of year, if dealing with products for animal nutrition in times of rain, farmers may resort to those pastures that spring because of rain (roughage). In this sense, it is crucial to opening new markets in other regions (Midwest, North, Northeast) to foster sales growth.

**Keywords:** Great plan; Operational Research; Planning and Production Control

## **1. INTRODUÇÃO**

O planejamento e programação da produção são funções-chave nas mais modernas indústrias manufatureiras e pode ser reunidos em um só conceito, definidos segundo Martins e Laugeni (2010), como uma área de decisão da manufatura que corresponde tanto em planejar quanto em controlar os recursos do processo produtivo, indo desde o planejamento até o gerenciamento e controle sobre o quê, quanto, como e quando produzir. A demanda pode ser dada pelos pedidos dos clientes ou por uma previsão e, dependendo do caso, pode ser através de ambos. Devido à escassez e limitação dos recursos produtivos de qualquer indústria (insumos, matéria prima, mão de obra), um dos maiores desafios do gerenciamento da produção é a determinação das quantidades a serem produzidas para cada tipo de produto, em cada período de planejamento, principalmente em se tratando de produtos sazonais, e ao menor custo possível.

O problema tratado neste estudo origina-se no aparente desempenho insatisfatório da área comercial de uma indústria nutrição animal no município de Unaí-MG. Acredita-se que um dos departamentos que gera tal problema seja o de vendas, pois nem sempre os pedidos de rações e suplementos são elaborados de forma regular e com antecedência adequada para o responsável pelo planejamento da produção, o que dificulta o planejamento.

De acordo com Toso (2003), a indústria de nutrição animal, como toda agroindústria, tem algumas peculiaridades que influenciam no processo de tomada de decisão do planejamento da produção, dentre eles: sazonalidade da demanda e matérias primas e perecibilidade dos produtos. Essas peculiaridades influenciam o processo de produção assertivo. Neste sentido, as organizações na expectativa de otimização do planejamento e controle da produção, estão buscando ferramentas de gestão que auxiliem nas tomadas de

decisão, visto que os problemas e as decisões têm se tornado cada vez mais complexas e de maior responsabilidade.

Dentre as principais medidas adotadas pelas organizações, tem-se a utilização de novas formas de gestão, novas técnicas de apoio à tomada de decisão e, essencialmente, a busca pelo aprimoramento de suas operações. Uma abordagem importante de apoio à tomada de decisão é a Pesquisa Operacional (GAVIRA, 2003). Essa técnica possibilita que a organização resolva seus problemas no processo de produção, otimizando-o e eliminando possíveis perdas e desperdícios. Para tanto, a pesquisa operacional utiliza-se de um modelo geral que contempla as variáveis que são as quais se tem poder para alterar, ou seja, as variáveis de decisão, os parâmetros que são variáveis os quais não têm o poder de alterar, a solução do problema; e, a função objetiva que define e mensura o principal objetivo do tomador de decisão.

Diante disso, busca-se com este estudo, avaliar como a pesquisa operacional pode auxiliar no planejamento de produção em uma indústria de nutrição animal para elaboração de um plano ótimo de produção e maximização do lucro.

## **2. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: UMA VISÃO GLOBAL**

Planejar a produção significa estabelecer metas de produção para um determinado período de tempo futuro, otimizando a utilização dos recursos disponíveis para conseguir atender aos pedidos dos clientes ou sobressair em oportunidades de vendas futuras (TOSO (2003); SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON (2009)).

O sistema planejamento e controle é um sistema que muda continuamente ao longo do tempo e o processo de decisão no planejamento ocorre em três níveis hierárquicos: planejamento estratégico, tático e operacional. O planejamento estratégico é feito, normalmente, uma vez ao ano, e inicia com uma declaração dos objetivos e metas a serem alcançadas, projetando um horizonte de tempo geralmente maior que um ano, sendo que o horizonte considerado neste nível depende de cada tipo de empresa, podendo chegar a um ano ou mais.

O planejamento e o controle de médio prazo, denominado planejamento tático, fornecem a ligação básica entre os planos estratégicos e os planos intermediários. Este planejamento cobre geralmente o período de seis a oito meses. (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Neste nível de planejamento os recursos devem ser definidos em termos mais desagregados, onde alguns planos contingenciais terão que ser pensados em caso de desvios dos planos. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

O planejamento de curto prazo, ou operacional, cobre um período de um dia a seis meses, podendo este período variar de acordo com cada tipo de organização e suas respectivas estratégias. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON (2009); DAVIS; AQUILANO; CHASE (2001)).

### **2.1. PREVISÃO DA DEMANDA**

Demanda pode ser entendida como sendo a disposição dos clientes ao consumo de bens ou serviços ofertados por uma organização, a qual é influenciada por vários fatores, tais como: preço, qualidade, disponibilidade do produto, questões políticas e econômicas. Existem dois padrões básicos de consumo de um item ao longo do tempo, os quais são chamados de demanda dependente e demanda independente (MOREIRA, 2008).

Demanda dependente segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) é aquela cuja própria demanda é dependente da relativa previsibilidade das atividades de seus consumidores e de alguns fatores conhecidos.

O gerenciamento da demanda inclui as atividades que vão desde a determinação ou expectativa da demanda dos clientes, até a conversão dos pedidos específicos dos clientes em ordens de produção, com datas prometidas de entrega, para ajudar no balanceamento da

demanda com o suprimento, a fim de que os dois processos estejam alinhados (VOLLMANN, *et al.*, 2005).

Para os gestores de produção é importante saber não somente a quantidade que se espera ter de demanda, como também saber qual é o erro esperado para essa previsão (CORRÊA; CORRÊA, 2006).

Segundo Corrêa e Corrêa (2006) o processo de previsão de demanda pode ser classificado em dois tipos: métodos quantitativos e métodos qualitativos. Nos métodos quantitativos utilizam-se dados históricos para prever a demanda em períodos futuros, para tanto, constrói-se modelos matemáticos a partir dos dados disponíveis. Ao contrário, o método qualitativo, exige do gestor conhecimento e experiências para calcular a previsão. Além disso, esse tipo de método se baseia em um consenso de opiniões, julgamentos pessoais, de modo geral, são mais subjetivos nas análises dos dados. (PELLEGRINI, 2000).

## **2.2. PESQUISA OPERACIONAL**

A Pesquisa Operacional (PO) é um método científico de tomada de decisão e teve início atribuído às ações militares nos primórdios da Segunda Guerra Mundial. Em razão da Guerra havia a vital necessidade de alocar eficientemente os escassos recursos para diversas operações militares. Por consequência, os comandos britânicos e norte-americanos convocaram grande número de cientistas, matemáticos e estatísticos para lidar com este e outros problemas táticos e estratégicos e que, na prática, lhes foram solicitados que fizessem pesquisas sobre operações militares (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

A Pesquisa Operacional segundo Shamblin e Jr. (1979), começa por descrever um sistema por intermédio de um modelo, depois o manipula para descobrir o melhor modo para operar o sistema.

Hillier e Lieberman (2012) afirmam que uma forma de sintetizar as fases de modelagem de um problema utilizando PO costuma envolver seis fases, sendo elas: a) formulação do problema; b) formulação de um modelo matemático que represente o problema em estudo; c) construção do modelo matemático; d) cálculo das soluções através do modelo; e) teste do modelo e da solução dele originada; f) estabelecimento de controles sobre a solução; e, g) implantação e acompanhamento. Uma característica a mais é que a pesquisa operacional tenta, frequentemente, encontrar uma melhor solução ótima para o modelo que representa o problema considerado. O objetivo é encontrar o melhor caminho a percorrer, embora ele deva ser interpretado com cuidado em termos das necessidades práticas da administração, sendo a busca pela otimalidade um tema relevante na pesquisa operacional (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

### **2.2.1. Programação Linear**

A programação linear (PL) é um meio matemático de designar um montante fixo de recursos que satisfaça certa demanda de tal modo que alguma função-objetivo seja otimizada e ainda se satisfaça a outras condições definidas (SHAMBLIN; JR, 1979). Trata do problema de alocação ótima de recursos escassos para a realização de atividades que competem entre si. Caracteriza-se pela maximização ou minimização de alguma combinação de variáveis.

Para Hillier e Lieberman (2012) a programação linear utiliza um modelo matemático para descrever o problema ou modelo em questão. O termo linear confere o entendimento de que todas as funções no problema são lineares, e o termo programação não remete à programação de computador, significa planejamento. Logo, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, ou seja, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado dentre todas as soluções viáveis.

Na programação linear, utiliza-se o termo solução para representar atribuições de valores às variáveis de decisão. Essa característica faz com que existam soluções viáveis, inviáveis e ótimas (COLIN, 2007).

### 2.2.2. Simplex

Desenvolvido por George Dantzig em 1947, o método simplex é uma técnica utilizada para determinar numericamente a solução ótima de problemas de programação linear (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

Embora existam algoritmos específicos para problemas especiais, tais como os de transporte e designação, o Simplex pode ser sempre usado para resolver problemas com qualquer número de variáveis (MOREIRA, 2008).

É formado por um grupo de critérios para escolha de soluções básicas que melhorem o desempenho do modelo, e também de um teste de otimalidade, para isso o problema deve apresentar uma solução básica inicial, as soluções básicas subsequentes são calculadas com a troca de variáveis básicas por não básicas, gerando novas soluções (SILVA *et al.*, 1998).

Segundo Shamblin e Jr. (1979), o método simplex de programação linear utiliza conceitos básicos da álgebra matricial para achar a interseção de duas ou mais linhas ou planos, este método de solução possibilita um indicador que determina quando a solução ótima foi atingida.

O Método Simplex é um procedimento matricial para resolver o modelo de programação linear na forma normal. Começando com  $X_0$ , o método localiza sucessivamente outras soluções básicas viáveis acarretando melhores valores para a função objetivo até ser obtida a solução ótima (SILVA *et al.*, 1998).

A técnica envolve uma sequência de interações, contendo cada uma delas a mesma série de cálculos, até que se chegue à solução ótima (HILLIER; LIEBERMAN, 2012).

## 3. METODOLOGIA DE ESTUDO

A empresa pesquisada trata-se de uma cooperativa situada na cidade de Unaí-MG, foi fundada em 24 de maio de 1964. A cooperativa tem como atividade preponderante a aquisição de leite fornecido pelos cooperados, beneficiando-o, industrializando-o e promovendo sua comercialização. Entre as atividades da empresa, consta o fornecimento de insumos agropecuários, implementos agrícolas, combustíveis e lubrificantes, alimentos, bens de uso consumo doméstico e pessoal, além de prestação de assistência técnica aos seus associados.

Para atingir aos objetivos do estudo, escolheu-se o método de abordagem indutivo, pois, uma vez que foi necessário determinar as variáveis e restrições do processo produtivo das rações e suplementos, permitindo o registro de fatos singulares para se chegar a uma conclusão desdobrada.

A pesquisa foi considerada ainda do com base no problema apresentado, quanti-qualitativa, pois, foi necessário levantar os dados, quantificá-los e por fim, analisá-los. Quanto aos objetivos, considerou-se a pesquisa do tipo exploratória, explicativa e descritiva e, quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa foi classificada como: documental - informações da organização de estudo -, bibliográfica – consultas em periódicos, livros, monografias) e, estudo de campo - observação dos fatos tal como ocorrem espontaneamente.

Para coleta de dados, foi construído um roteiro para análise documental, o qual organizou-se por meio dos seguintes indicadores: a) relação dos pedidos semanais de rações e suplementos; b) relatório extraído do ERP utilizado pela empresa do histórico de vendas dos últimos 15 dias; c) relatório do estoque atual, considerado no momento em que se está planejando a produção.

## 4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Após a definição do problema, identificou-se as variáveis de decisão do processo produtivo da ração nutricional e suplementos produzidos na indústria, sendo ração para bovinos de leite, ração para bovinos de corte, ração para equinos, ração para suínos, ração

para aves, suplemento mineral, suplemento proteínado e suplemento energético. As rações são produzidas para sacos de 40 kg e os suplementos para sacos de 30 kg. Após definidas as variáveis, foi necessário saber o lucro unitário dos produtos a serem produzidos.

$$\text{Lucro} = \text{Preço final unitário} - \text{Custo unitário de fabricação}$$

**Tabela 1- Variáveis do processo**

Variável	Produto	Lucro unitário
X <sub>1</sub>	Ração para bovinos de leite	0,49
X <sub>2</sub>	Ração para bovinos de corte	0,47
X <sub>3</sub>	Ração para equinos	0,57
X <sub>4</sub>	Ração para suínos	0,53
X <sub>5</sub>	Ração para aves	0,54
X <sub>6</sub>	Suplemento Mineral	0,47
X <sub>7</sub>	Suplemento Proteínado	0,53
X <sub>8</sub>	Suplemento Energético	0,61

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

A partir da Tabela 1 é possível obter o valor unitário do lucro de cada produto a ser produzido. Após saber o lucro de cada produto Hillier e Lieberman (2012) afirmam que a programação linear utiliza um modelo matemático para descrever o problema ou modelo em questão. Logo, a programação linear envolve o planejamento de atividades para obter um resultado ótimo, ou seja, um resultado que atinja o melhor objetivo especificado dentre todas as soluções viáveis, deste modo, formulou-se a seguinte função objetivo:

$$\text{F.O. Máx.} = 0,49X_1 + 0,47X_2 + 0,57X_3 + 0,53X_4 + 0,54X_5 + 0,47X_6 + 0,53X_7 + 0,61X_8$$

#### 4.1. RESTRIÇÕES DO PROBLEMA

As restrições do problema tratado neste estudo foram matéria prima, mão de obra, demanda semanal e capacidade de fabricação por serem as restrições consideradas críticas para o processo de produção de rações e suplementos.

##### 4.1.1. Matéria Prima

A quantidade disponível em estoque de cada matéria prima está representada na Tabela 2, bem como a inclusão de cada matéria prima que varia de acordo com cada produto.

A inclusão de cada ingrediente conforme mostrada na Tabela 2, ou seja, a formulação das rações e suplementos é elaborada pelo responsável técnico da indústria. Os estoques disponíveis das matérias primas devem ser gerenciados de forma minuciosa, pois, a maioria se trata de alimentos perecíveis, logo, a gestão insatisfatória das mesmas pode ocasionar grandes perdas financeiras. A partir dos dados da Tabela 2, formulou-se as seguintes equações das restrições:

**Tabela 2- Consumo de matéria-prima por produto**

Restrição	Farelo de soja (kg)	Milho (kg)	Sorgo (kg)	Premix (kg)	Sal (kg)	Uréia (kg)	Fosfato (kg)	Rótulo (un)	Embalagem (un)
R <sub>1</sub>	14,9	17,2	6	0,24	0,186	0	0	1	1
R <sub>2</sub>	4,2	27,74	6	0,24	0,186	0	0	1	1
R <sub>3</sub>	6,24	15,08	10	0,24	0,106	0	0	1	1
R <sub>4</sub>	6,1	14,56	17,4	1	0,006	0	0	1	1

Restrição	Farelo de soja (kg)	Milho (kg)	Sorgo (kg)	Premix (kg)	Sal (kg)	Uréia (kg)	Fosfato (kg)	Rótulo (un)	Embalagem (un)
R <sub>5</sub>	10,8	27,36	0	1,2	0,006	0	0	1	1
R <sub>6</sub>	2	0	5,8	0,3	9	2,7	3	1	1
R <sub>7</sub>	3	10,05	0	0,3	7,5	3	4,5	1	1
R <sub>8</sub>	1,75	7,45	0	0,3	7,5	6	4,625	1	1
<b>Quantidade disponível</b>	210.000 (kg)	325.000 (kg)	115.000 (kg)	8.500 (kg)	85.000 (kg)	38.000 (kg)	42.000 (kg)	32.000 (un)	32.000 (un)

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

$$R_1 = 14,9X_1 + 4,2X_2 + 6,24X_3 + 6,1X_4 + 10,8X_5 + 2X_6 + 3X_7 + 1,75X_8 \leq 210.000$$

$$R_2 = 17,2X_1 + 27,74X_2 + 15,08X_3 + 14,56X_4 + 27,36X_5 + 0X_6 + 10,05X_7 + 7,45X_8 \leq 325.000$$

$$R_3 = 6X_1 + 6X_2 + 10X_3 + 17,4X_4 + 0X_5 + 5,8X_6 + 0X_7 + 0X_8 \leq 115.000$$

$$R_4 = 0,24X_1 + 0,24X_2 + 0,24X_3 + 1X_4 + 1,2X_5 + 0,3X_6 + 0,3X_7 + 0,3X_8 \leq 8.500$$

$$R_5 = 0,186X_1 + 0,186X_2 + 0,106X_3 + 0,006X_4 + 0,006X_5 + 9X_6 + 7,5X_7 + 7,5X_8 \leq 85.000$$

$$R_6 = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 2,7X_6 + 3X_7 + 6X_8 \leq 38.000$$

$$R_7 = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 3X_6 + 4,5X_7 + 4,625X_8 \leq 42.000$$

$$R_8 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq 32.000$$

#### 4.1.2. Mão de Obra

Há na fábrica 98 colaboradores, porém, no processo produtivo das rações e suplementos são necessárias 35 pessoas. O tempo de produção não varia de acordo com o produto, pois, o processo para produzi-los é o mesmo para todos, mudando apenas a formulação dos ingredientes, cada fórmula. A fabricação de cada produto consome 0,067 horas para serem produzidos prontos para a venda.

A Tabela 3 refere-se ao consumo de tempo, neste caso, consumo de horas utilizadas para fabricação de cada produto.

**Tabela 3 - Consumo da mão de obra e quantidade de horas disponível**

Variável	Mão de obra (horas)
X <sub>1</sub>	0,067
X <sub>2</sub>	0,067
X <sub>3</sub>	0,067
X <sub>4</sub>	0,067
X <sub>5</sub>	0,067
X <sub>6</sub>	0,067
X <sub>7</sub>	0,067
X <sub>8</sub>	0,067
<b>Mão de obra disponível</b>	<b>1764 horas/semana</b>

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

A partir dos dados apresentados na Tabela 3 formulou-se a seguinte restrição:

$$R_{10} = 0,067X_1 + 0,067X_2 + 0,067X_3 + 0,067X_4 + 0,067X_5 + 0,067X_6 + 0,067X_7 + 0,067X_8 \leq 1764$$

#### 4.1.3. Demanda Semanal

O gerenciamento da demanda inclui as atividades que vão desde a determinação ou expectativa da demanda dos clientes, até a conversão dos pedidos específicos dos clientes em

ordens de produção com datas prometidas de entrega para ajudar no balanceamento da demanda com o suprimento, a fim de que os dois processos estejam alinhados (VOLLMANN, *et al*, 2005).

A Tabela 4 apresenta as quantidades mínimas que a empresa precisa produzir para cumprir com seus compromissos.

**Tabela 4 - Demanda semanal**

Variável	Critério	Demanda semanal
X <sub>1</sub>	≥	10.000
X <sub>2</sub>	≥	150
X <sub>3</sub>	≥	3.000
X <sub>4</sub>	≥	450
X <sub>5</sub>	≥	800
X <sub>6</sub>	≥	2.500
X <sub>7</sub>	≥	4.000
X <sub>8</sub>	≥	2.710

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

A Tabela 4 apresenta a quantidade de demanda de cada produto, a mesma é formada pelos pedidos recebidos mais a quantidade de um estoque de segurança definido pelo analista de PCP.

A partir destes dados apresentados na Tabela 4, formulou-se as seguintes restrições:

$$R_{11} = X_1 \geq 10.000$$

$$R_{12} = X_2 \geq 150$$

$$R_{13} = X_3 \geq 3.000$$

$$R_{14} = X_4 \geq 450$$

$$R_{15} = X_5 \geq 800$$

$$R_{16} = X_6 \geq 2.500$$

$$R_{17} = X_7 \geq 4.000$$

$$R_{18} = X_8 \geq 2.710$$

#### 4.1.4. Capacidade de Fabricação

A produtividade é considerada a sincronia entre as estratégias das empresas com o mercado, desta forma torna-se necessário sincronizar a estratégia com o mercado e a manufatura, que atendam aos clientes, usuários, representantes e todos que os representem ou influenciem (MARINO, 2006).

A partir da capacidade produtiva da indústria, que é de 30 toneladas por hora, elaborou-se a Tabela 5.

**Tabela 5 - Capacidade de fabricação semanal**

Variável	Fabricação
X <sub>1</sub>	40 kg
X <sub>2</sub>	40 kg
X <sub>3</sub>	40 kg
X <sub>4</sub>	40 kg
X <sub>5</sub>	40 kg
X <sub>6</sub>	30 kg
X <sub>7</sub>	30 kg
X <sub>8</sub>	30 kg
<b>Capacidade de fabricação/semana</b>	<b>1.470.000 (kg)</b>

Fonte: Dados da pesquisa 2013

A partir destes dados formulou-se a seguinte restrição:

$$R_{19} = 40X_1 + 40X_2 + 40X_3 + 40X_4 + 40X_5 + 30X_6 + 30X_7 + 30X_8 \leq 1.470.000$$

#### 4.2. CÁLCULO DAS SOLUÇÕES ATRAVÉS DO MODELO

Para o cálculo da solução ótima foi utilizado o Solver, para tanto, obteve-se a seguinte modelagem do problema:

Maximizar:

$$\text{F.O. Máx.} = 0,49X_1 + 0,47X_2 + 0,57X_3 + 0,53X_4 + 0,54X_5 + 0,47X_6 + 0,53X_7 + 0,61X_8$$

Sujeito a:

$$R_1 = 14,9X_1 + 4,2X_2 + 6,24X_3 + 6,1X_4 + 10,8X_5 + 2X_6 + 3X_7 + 1,75X_8 \leq 210.000$$

$$R_2 = 17,2X_1 + 27,74X_2 + 15,08X_3 + 14,56X_4 + 27,36X_5 + 0X_6 + 10,05X_7 + 7,45X_8 \leq 325.000$$

$$R_3 = 6X_1 + 6X_2 + 10X_3 + 17,4X_4 + 0X_5 + 5,8X_6 + 0X_7 + 0X_8 \leq 115.000$$

$$R_4 = 0,24X_1 + 0,24X_2 + 0,24X_3 + 1X_4 + 1,2X_5 + 0,3X_6 + 0,3X_7 + 0,3X_8 \leq 8.500$$

$$R_5 = 0,186X_1 + 0,186X_2 + 0,106X_3 + 0,006X_4 + 0,006X_5 + 9X_6 + 7,5X_7 + 7,5X_8 \leq 85.000$$

$$R_6 = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 2,7X_6 + 3X_7 + 6X_8 \leq 38.000$$

$$R_7 = 0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 3X_6 + 4,5X_7 + 4,625X_8 \leq 42.000$$

$$R_8 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq 32.000$$

$$R_9 = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 \leq 32.000$$

$$R_{10} = 0,067X_1 + 0,067X_2 + 0,067X_3 + 0,067X_4 + 0,067X_5 + 0,067X_6 + 0,067X_7 + 0,067X_8 \leq 1764$$

$$R_{11} = X_1 \geq 10.000$$

$$R_{12} = X_2 \geq 150$$

$$R_{13} = X_3 \geq 3.000$$

$$R_{14} = X_4 \geq 450$$

$$R_{15} = X_5 \geq 800$$

$$R_{16} = X_6 \geq 2.500$$

$$R_{17} = X_7 \geq 4.000$$

$$R_{18} = X_8 \geq 2.710$$

$$R_{19} = 40X_1 + 40X_2 + 40X_3 + 40X_4 + 40X_5 + 30X_6 + 30X_7 + 30X_8 \leq 1.470.000$$

Após modelar o problema, torna-se necessário identificar as variáveis do problema:

Z = Função Objetivo

$X_1$  = Variável definida para o produto ração para bovinos de leite

$X_2$  = Variável definida para o produto ração para bovinos de corte

$X_3$  = Variável definida para o produto ração para equinos

$X_4$  = Variável definida para o produto ração para suínos

$X_5$  = Variável definida para o produto ração para aves

$X_6$  = Variável definida para o produto suplemento mineral

$X_7$  = Variável definida para o produto suplemento proteínado

$X_8$  = Variável definida para o produto suplemento energético

$R_1$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Milho

$R_2$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Farelo de soja

$R_3$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Sorgo

$R_4$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Premix

$R_5$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Sal

$R_6$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Uréia

$R_7$  = Restrição definida para estoque disponível da matéria prima Fosfato

$R_8$  = Restrição definida para estoque disponível dos Rótulos

- R<sub>9</sub> = Restrição definida para estoque disponível das Embalagens
- R<sub>10</sub> = Restrição definida para mão de obra disponível
- R<sub>11</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>1</sub>
- R<sub>12</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>2</sub>
- R<sub>13</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>3</sub>
- R<sub>14</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>4</sub>
- R<sub>15</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>5</sub>
- R<sub>16</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>6</sub>
- R<sub>17</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>7</sub>
- R<sub>18</sub> = Restrição definida demanda semanal de X<sub>8</sub>
- R<sub>19</sub> = Restrição definida para capacidade de fabricação

Após ter definido a função objetivo do problema e ter identificado as restrições pertinentes ao processo, utilizou-se o *software* Excel da *Microsoft*, através da ferramenta *solver* para determinar a solução ótima do problema por meio de Programação Linea.

Conforme as condições descritas anteriormente, respeitando todas as restrições (matéria prima, mão de obra, demanda semanal e capacidade de fabricação) e critérios definidos, chegou-se a um lucro máximo de 12.964,40 U.M com a produção de 10.000 unidades do produto X<sub>1</sub>, 150 unidades do produto X<sub>2</sub>, 3.000 unidades do produto X<sub>3</sub>, 450 unidades do produto X<sub>4</sub>, 1.096 unidades do produto X<sub>5</sub>, 2.805 unidades do produto X<sub>6</sub>, 4.631 unidades do produto X<sub>7</sub> e 2.755 unidades do produto X<sub>8</sub>, obedecendo a todas as restrições de demanda semanal estabelecidas.

Em relação às matérias primas das rações e suplementos, como são fixas, ou seja, são sempre as mesmas (milho, farelo de soja, sorgo, premix), mudando apenas a formulação (inclusão) dos ingredientes e, em se tratando de plano de produção semanal, dos recursos disponíveis utilizou-se as quantidades disponíveis totais.

Quanto à capacidade fabricação utilizou-se 60% da capacidade produtiva semanal, isto se deve ao fator sazonalidade, pois, na época das águas é normal a queda do volume de pedidos, com isso, o índice de produtividade nesta época do ano é relativamente menor do que nos meses de seca, neste caso, deve-se ressaltar a relevância de realizar as manutenções preventivas no maquinário e, em caso de pedidos que surgirem fora do planejamento é possível encaixá-los sem maiores danos ao andamento do planejamento.

A restrição mão de obra disponível foi utilizada em 94,5% da quantidade total disponível, isso também se deve ao fator sazonalidade, nesta época do ano como a quantidade de pedidos é menor, reduz o quadro de colaboradores para não ficar ocioso, essa sobra de horas permite os encaixes de pedidos esporádicos, fora do planejamento.

## 5. CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados, conclui-se que o plano ótimo de produção de acordo com as condições definidas é composto de produtos de alto valor agregado. Dois fatores preponderantes desenharam a situação, as restrições capacidade de fabricação e mão de obra disponível, estes fatores apresentaram seus recursos subutilizados, devido à falta de mercado para absorver a produção nesta época do ano, em se tratando de produtos para nutrição animal, em épocas de chuva, os produtores rurais podem recorrer-se às pastagens que brotam em razão da chuva (volumoso). Neste sentido, é fundamental a abertura de novos mercados em outras regiões (centro-oeste, norte, nordeste) para fomentar o crescimento das vendas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COGAN, S. **Custos e preço – formação e análise**. São Paulo: Pioneira Thompson Learning Ltda., 1999.

- [2] COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional – 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção**. São Paulo: LTC, 2007
- [3] CONTADOR, J. C. **Produtividade fabril I – Método para rápido aumento da produtividade fabril**. 1994. *Gestão e Produção*, v.1, n.3, p.217-238. Dez. 1994. São Paulo. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v1n3/a02v1n3.pdf>>. Acessado em: 23 set 2013.
- [4] CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2008.
- [5] CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP**. São Paulo: Atlas, 2009.
- [6] COSTA, R.; NÉLO, A. M.; ARAÚJO, J. A. R. **Custos, preços e rentabilidade de produtos**. *Revista do CRCPR, Curitiba*, v.29, n.39, 2004.
- [7] DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. São Paulo: São Paulo, 2008.
- [8] ELLENRIEDER, A. V. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Almeida Neves Editores Ltda., 1971.
- [9] FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados do chão de fábrica**. 2001. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2001
- [10] FELICIANO, R. A. **Uma proposta de gerenciamento integrado da demanda e distribuição, utilizando sistema de apoio à decisão (SAD) com Business Intelligence (BI)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2009.
- [11] FERREIRA, A. H. **Aspectos importantes na implantação da teoria das restrições na gestão da produção: um estudo multicaso**. 2007. Dissertação (Mestrado em Administração das Organizações). Programa de Pós-graduação em Administração das Organizações. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2007.
- [12] FIGUEIREDO, A. M.; SOUZA, S. R. G. **Como elaborar projetos, monografias, dissertações e teses**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005
- [13] GARCIA, E. S.; REIS, L. M. T. V.; MACHADO, L. R.; FILHO, V. J. M. F. **Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: E-paper Serviços Editoriais, 2006.
- [14] GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.
- [15] HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. D. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2012
- [16] LOPES, J. A. E. **Produtividade da mão-de-obra em projetos de estruturas metálicas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001
- [17] LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

- [18] MARTINS, H. A. **Práticas de melhoria de manufatura com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade da demanda:** aplicação na indústria de vestuário de moda. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2013.
- [19] PALOMINO, R. C. **Planejamento da produção em sistemas flexíveis do tipo *job shop* usando redes de petri.** 2004. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC. 03 a 05 de Novembro 2004. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004\\_Enegep0101\\_1129.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegep0101_1129.pdf)> Acesso em: 30 set 2013.
- [20] PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.
- [21] QUEIROZ, J. A. **Proposta de um método de gestão econômica para sistemas produtivos tendo como base teórica os pressupostos que sustentam a contabilidade de ganhos da Teoria das Restrições e os princípios da produção enxuta.** 2006. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2006.
- [22] SHAMBLIN, J. E.; STEVENS JR., G. T. **Pesquisa Operacional: uma abordagem básica.** São Paulo: Atlas, 1979.
- [23] SOUZA, M. D.; BORGONHONI, P. **A consolidação dos três níveis de planejamento e controle da produção.** 2007. In: **Caderno de Administração.** V.15, n.2, p. 19-28, JUL/DEZ. 2007. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/CadAdm/article/view/5132>> Acesso em: 23 out 2013.
- [24] TOSO, E. **Otimização do problema integrado de dimensionamento de lotes e programação da produção: Estudo de caso na indústria de rações.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2003.
- [25] VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C.; JACOBS, F. R. **Sistemas de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos.** São Paulo: São Paulo, 2005.