



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO
PARA OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA INTEGRADO DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA COM TERMINAÇÃO DE BOVINOS
DE CORTE EM CONFINAMENTO**

SAULO AMARAL MOREIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS

**BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2010**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA
OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO
AGRÍCOLA COM TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE EM
CONFINAMENTO**

SAULO AMARAL MOREIRA

ORIENTADOR: Dr. JOÃO BATISTA SOARES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS
PUBLICAÇÃO: 37/2010**

**BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2010**

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

MOREIRA, S. A. Desenvolvimento de um modelo matemático para otimização de sistema integrado de produção agrícola com terminação de bovinos de corte em confinamento. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2010, 146p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Moreira, Saulo Amaral

Desenvolvimento de um modelo matemático para otimização de sistema integrado de produção agrícola com terminação de bovinos de corte em confinamento / Saulo Amaral Moreira; orientação de João Batista Soares. – Brasília, 2010.

146 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2010.

1. Programação linear. 2. Otimização. 3. Confinamento Bovino. 4 Modelagem

CDD ou CDU
Agris / FAO

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MATEMÁTICO PARA
OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA INTEGRADO DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA
COM TERMINAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTO**

SAULO AMARAL MOREIRA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM AGRONEGÓCIOS NA ÁREA DE COMPETITIVIDADE E
SUSTENTABILIDADE DO AGRONEGÓCIO.**

APROVADA POR:

**JOÃO BATISTA SOARES, Dr. (UnB)
(ORIENTADOR)**

**FLÁVIO BORGES BOTELHO FILHO, Dr. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ITIBERÊ SALDANHA SILVA, Dr. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARCOS AURÉLIO LOPES, Dr. (UFLA)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 25 DE FEVEREIRO DE 2010

Dedico esta dissertação ao meu pai (Marteleteo), minha mãe (Celinha) e minha irmã (Carla), pelo apoio, companheirismo, e incentivo nestes dois anos destinados à minha formação acadêmica.

Dedicação especial ao mais novo membro da família, meu sobrinho Pietro, que mesmo ainda sem saber falar transmite através de seu olhar uma tranquilidade, uma paz, e um espírito vencedor que me proporcionou inspiração para chegar ao fim deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu realizar esse trabalho.

A minha família que me deu força para seguir em frente e vencer mais um obstáculo na minha vida.

Ao Prof. Dr. João Batista Soares, que me orientou e me forneceu ferramentas para elaborar o trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio Borges Botelho Filho pelas valiosas sugestões, contribuições e ensinamentos. Além de me proporcionar diversas oportunidades de projetos.

Ao Prof. Dr. Itiberê Saldanha Silva que me incentivou e apoiou sempre que eu precisei.

Aos irmãos Ademir e Henrique Cenci pelas informações fornecidas que viabilizaram a realização deste trabalho e pelo apoio nas coletas dos dados.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade de Brasília.

Agradecimento especial a funcionária e amiga Suely pela paciência e pelo auxílio durante o período do mestrado.

A todos os professores, bolsistas e funcionários (Lilian e Robertinha) do Neagri que me ajudaram tanto nos projetos secundários quanto na minha dissertação.

Aos amigos e colegas do curso de mestrado e da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Em especial ao Fernando (Chaya), Hernani, Karim, Thiago e Fabiano pelo companheirismo e apoio nesta batalha.

A todos aqueles que, pelos incentivos e reflexões teóricas, de alguma forma contribuíram para minha formação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA	4
1.2	OBJETIVOS	7
1.2.1	Objetivo Geral	8
1.2.2	Objetivos Específicos	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	AGRIBUSINESS, AGROPECUÁRIA E PECUÁRIA DE CORTE.....	9
2.2	CADEIA PRODUTIVA NO AGRONEGÓCIO	16
2.3	CADEIA PRODUTIVA DA CARNE BOVINA	18
2.4	ATIVIDADES DA PRODUÇÃO ANIMAL (PECUÁRIA DE CORTE)	19
2.4.1	Engorda.....	22
2.5	GESTÃO EMPRESARIAL RURAL	29
2.5.1	Planejamento Empresarial	29
2.5.2	Sistema de custos e metodologia de cálculo.....	32
2.5.3	Descrição dos itens que compõem o custo de produção agropecuário.....	36
2.5.4	Receitas e análise econômica	40
2.6	PESQUISA OPERACIONAL	41
2.6.1	Abordagem sistêmica e modelos matemáticos.....	42
2.6.2	Programação linear e modelagem na agropecuária	55
3	METODOLOGIA.....	62
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	62
3.2	TÉCNICAS DE PESQUISA	63
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	66
3.4	REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODELO	69
3.5	CONSTRUÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO	72
3.5.1	Especificações do modelo	72
3.5.2	Modelo matemático desenvolvido.....	73
3.5.3	Dados empregados na validação do modelo	83
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	90
4.1	CENÁRIO 1: CONFINAMENTO MÍNIMO DE 200 ANIMAIS.....	90
4.2	CENÁRIO 2: OTIMIZAÇÃO PURA.....	104
4.3	AVALIAÇÃO DO MODELO	114
5	CONCLUSÕES.....	116
6	REFERÊNCIAS	118
7	ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Sistema agroindustrial da carne bovina no Brasil.	20
Figura 2.2. Interações entre os processos de planejamento, implementação, monitoramento e controle	31
Figura 2.3. Principais variáveis endógenas, exógenas, processos e saídas de um sistema de integração entre agricultura e pecuária.....	46
Figura 2.4. Modelo simplificado de um sistema integrado de confinamento bovino, produção agrícola e comercialização.....	47
Figura 2.5. Representação simplificada do processo de modelagem	49
Figura 2.6. Representação do modelo "Caixa Preta"	51
Figura 2.7. Início do processo de decisão empresarial.....	54
Figura 3.1. Imagem de satélite da região estudada.....	67
Figura 3.2. Diagrama atividade-recurso de sistema agropecuário.....	71
Figura 4.1. Fluxo de animais no confinamento em cada subperíodo, de 30/04/2008 (subperíodo 8) a 05/12/2008 (subperíodo 29) Cenário 1.....	93
Figura 4.2. Operações realizadas com milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	94
Figura 4.3. Operações realizadas com resíduo de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	95
Figura 4.4. Operações realizadas com soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1	97
Figura 4.5. Operações realizadas com resíduo de soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	98
Figura 4.6. Operações realizadas com sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	99

Figura 4.7. Operações realizadas com resíduo de sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	101
Figura 4.8. Operações realizadas com feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	102
Figura 4.9. Operações realizadas com resíduo de feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	103
Figura 4.10. Operações realizadas com silagem de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1.....	106
Figura 4.11. Operações realizadas com resíduo de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	107
Figura 4.12. Operações realizadas com soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	108
Figura 4.13. Operações realizadas com resíduo de soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	109
Figura 4.14. Operações realizadas com sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	110
Figura 4.15. Operações realizadas com resíduo de sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	111
Figura 4.16. Operações realizadas com resíduo de feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	112
Figura 4.17. Operações realizadas com silagem em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Rebanhos mundiais de gado bovino (milhares de cabeças).....	12
Tabela 2.2. Quantidade de animais abatidos e taxas de abates mundiais de gado bovino (milhares de cabeças).....	12
Tabela 2.3. Balanço da pecuária de corte brasileira	16
Tabela 2.4. Confinamentos no Brasil* (milhares de cabeças).....	24
Tabela 3.1. Subperíodos discriminados e valores da taxa de desconto, do preço de venda e de compra de animais utilizados no modelo de otimização	83
Tabela 3.2. Valores das variáveis C_i , PE_{fc} e xe_i utilizadas no modelo de otimização	86
Tabela 3.3. Valores das variáveis de custos de produção, e valores de entrada, armazenamento e saída dos produtos agrícolas, quantidades de produtos disponibilizados, capacidade de armazenagem e quantidade de produto empregado na dieta em cada subperíodo	88

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1): Função objetivo que maximiza o retorno líquido	74
Equação (2): Quantidade de animais confinados em determinado subperíodo	77
Equação (3): Condições iniciais para a quantidade de animais confinados	77
Equação (4): Quantidade de animais vendidos em determinado subperíodo	78
Equação (5): Capacidade estática do confinamento em cada subperíodo	78
Equação (6): Nível de ocupação dinâmica do confinamento	79
Equação (7): Períodos em que não se compra animais para o confinamento	79
Equação (8): Períodos em que não se vende animais do confinamento	79
Equação (9): Disponibilidade de produto para alimentação dos animais e comercialização...	80
Equação (10): Quantidade de produto empregado no confinamento em cada período	80
Equação (11): Quantidade de produto comercializada em cada período	81
Equação (12): Quantidade de produto armazenado no início das atividades	81
Equação (13): Quantidade armazenada de cada produto em cada período	82
Equação (14): Capacidade de Armazenagem	82
Equação (15): Condições de positividade	83

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

- ABIEC:** Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
- AC_i:** Número de animais comprados no subperíodo i ;
- ANUALPEC:** Anuário da Pecuária Brasileira
- at_i:** Fator de atualização definido por $1/(1+r)^i$ sendo r a taxa de desconto referente ao custo de oportunidade do capital e i o subperíodo considerado;
- AV_i:** Número de animais vendidos no subperíodo i ;
- BM&F:** Bolsa de Mercadorias e Futuros
- BSE:** Encefalopatia Espongiforme Bovina
- CAR_{k,i}:** Custo de armazenagem do produto k em cada subperíodo i , (R\$/ton);
- CEC_{k,i}:** Custo de entrada do produto k comprado no período i , (R\$/ton);
- CEPEA:** Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
- CEP_k:** Custo de entrada do produto produzido k , (R\$/ton);
- C_i:** Custo do confinamento de cada animal no subperíodo i , (R\$/animal);
- CNA:** Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
- COFINS:** Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
- CONAB:** Companhia Nacional de Abastecimento
- CPC_{k,i}:** Custo de aquisição do produto k comprado no subperíodo i , (R\$/ton);
- CP_k:** Custo de produção do produto k , (R\$/ton);
- CSA_{k,i}:** Custo de saída do produto k da unidade armazenadora em cada subperíodo i , (R\$/ton).
- FGTS:** Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
- GO:** Goiás
- IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMS:** Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual
- IEA:** Instituto de Economia Agrícola
- INSS:** Instituto Nacional do Seguro Social
- IPVA:** Imposto de Propriedade de Veículos Automotores
- ITR:** Imposto Territorial Rural
- N:** Número de subperíodos considerado para as atividades concomitantes de confinamento e comercialização de produtos agrícolas;

NAC_i: Número de animais em confinamento no subperíodo *i*;

NRC: “National Research Council”

OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P: Número de tipos de produtos agrícolas armazenados disponíveis para comercialização ao longo dos subperíodos *i* considerados no confinamento;

PC_i: Preço de compra de cada animal confinado no subperíodo *i*, (R\$/animal);

PE_{fc}: Preço de venda do esterco no final do confinamento, (R\$/ton);

PIB: Produto Interno Bruto

PIS: Programa de Integração Social

P_{k,i}: Preço de venda do produto *k* no subperíodo *i*, (R\$/ton);

PV_i: Preço de venda de cada animal oriundo do confinamento no subperíodo *i* (R\$/animal);

QCOMP_{k,i}: Quantidade do produto *k* comprado no subperíodo *i*, (R\$/ton);

QPAR_{k,i}: Quantidade de produto *k* armazenado em cada subperíodo *i*, (ton);

QPECON_{k,i}: Quantidade do produto *k* utilizado no confinamento no subperíodo *i*.

QPROD_k: Quantidade de produto *k* disponibilizado no início do confinamento, (ton);

QPV_{k,i}: Quantidade de cada produto *k* comercializado no subperíodo *i*, (ton);

USDA: “United States Department of Agriculture”

USP: Universidade de São Paulo

Xe_i: Quantidade de esterco produzida por cada animal no subperíodo *i* (ton).

RESUMO

A aplicação deste trabalho segue no sentido de fornecer subsídios aos produtores no processo de planejamento da produção e tomada de decisão. O estudo teve como base uma propriedade localizada no município de Cristalina – GO. A partir da coleta de dados reais e utilizando recursos da área de Pesquisa Operacional com técnicas de programação linear multiperiódica, determinou-se a configuração ótima para o sistema agropecuário integrado bem como a configuração de um cenário alternativo, visando dar suporte para o proprietário da empresa rural através da elaboração e implementação de um modelo de otimização que visa a maximização do lucro de sistemas produtivos que integram confinamentos de gado de corte e produção e comercialização de grãos. O modelo matemático de otimização desenvolvido e o programa computacional implementado a partir deste forneceram uma sequência detalhada das operações integrando as ações de comercialização e gerenciamento do confinamento. A programação linear multiperiódica, base do modelo matemático, mostrou-se um instrumento eficiente na otimização de sistemas agropecuários integrados, propiciando agilidade no processamento e respostas de fácil entendimento. Os resultados mostraram a viabilidade da aplicação desta ferramenta em empresas com este perfil, propiciando um melhor planejamento das atividades por meio do estudo de cenários elaborados de forma a refletir a realidade das propriedades estudadas.

Palavras-chave: Programação linear, otimização, confinamento bovino, modelagem

ABSTRACT

The application of this work is to provide allowance to producers in the planning process of production and decision making. The study was built on a property located in Cristalina - GO. From the collection of real data and using resources of the area of Operations Research with techniques multiperiod linear programming, determined the optimal configuration for the integrated farming system and the configuration of an alternative scenario, order to provide support to the owner of the company through development and implementation of an optimization model that seeks to maximize the net profit from production systems that integrate feedlot beef cattle and production and marketing of grain. The optimization model developed and implemented computer program from that provided a detailed sequence of operations by integrating the actions of market and management of confinement. Multiperiod linear programming, based on the mathematical model, proved to be an efficient tool in optimization of integrated agricultural systems, providing flexibility in processing and answer of easy understanding. The results showed the feasibility of applying this tool in companies with this profile, providing a better planning of activities through the study of scenarios designed to reflect the reality of the properties studied.

Keywords: Linear programming, optimization, feedlot cattle, modeling

1 INTRODUÇÃO

A agropecuária é, no Brasil, uma atividade de grande importância econômica e, ao que tudo indica, deverá se fortalecer nessa posição nas próximas décadas, consolidando-se tanto como produtora de alimentos para o abastecimento interno e externo, como elemento importante na captação de divisas para o país, por sua inserção cada vez maior no mercado mundial de carne bovina e de produtos agrícolas.

O agronegócio brasileiro vive um ótimo momento, com grande participação na economia nacional. Analisando a importância do agronegócio no Produto Interno Bruto Brasileiro, observa-se um aumento da participação do agronegócio entre os anos 2000 e 2008. Em 2000, o PIB do Agronegócio era de R\$571.905.000,00 (22,87% do PIB Brasil) e passou a ser, em 2008, de R\$64.494.000,00 (26,46% do PIB Brasil) (CEPEA – USP/CNA, 2009).

A pecuária tem participação menor que a agricultura no PIB. Em 2008 o CEPEA-USP/CNA (2009) contabilizou R\$ 539.089.000,00 (18,66% do PIB Brasil) para o agronegócio da agricultura enquanto o agronegócio da pecuária ficou com R\$ 225.405.000,00 (7,80% do PIB Brasil). No entanto, a pecuária de corte é uma área que incorpora avanços tecnológicos em um ritmo crescente, aplicando técnicas de criação mais intensivas e avanços na genética. Tudo isso para tornar a atividade mais produtiva e eficiente, melhorar a rentabilidade e aumentar o poder competitivo com outros países (AGROANALYSIS, 2004).

A ampliação das fronteiras agrícolas no Centro-Oeste e no Norte do país permitiu um crescimento do efetivo bovino e, um crescimento mais acentuado na intensificação da criação bovina, com recuos das áreas de pastagens e avanços das áreas de lavoura, aumentando a densidade de animais por hectare. Segundo o IBGE (2008), na média brasileira, a taxa de

ocupação considerando-se o espaço total dedicado à criação pecuária em geral quase dobrou, saltando de 0,51 para 0,99 animais por hectare. Este crescimento foi acompanhado por um considerável aumento nos indicadores tecnológicos de produtividade, devido a maiores investimentos tanto na melhoria da qualidade dos animais quanto em técnicas de manejo.

No entanto, o Brasil ainda apresenta baixa produtividade do seu rebanho quando comparado aos outros grandes países produtores de carne bovina. Diante de tal cenário, a agropecuária brasileira se encontra em um momento que exige e propicia a geração, consolidação, difusão e utilização de modernas técnicas de produção agropecuária e de administração da propriedade agrícola. Os processos tecnológicos como a suplementação estratégica, maior utilização do confinamento, o uso das misturas múltiplas de insumos para alimentação dos animais, cruzamentos e novas variedades forrageiras permitiram encurtar o ciclo de produção e aumentaram a eficiência produtiva. Associado a tudo isto foram incorporados métodos de gestão financeira, integrando aspectos relacionados aos custos e as margens econômicas. Com essa administração e utilizando novas técnicas de produção, o empresário rural terá instrumentos efetivos para auxiliá-lo no planejamento, direção e controle das atividades.

Atividades produtivas planejadas proporcionam aos produtores subsídios na tomada de decisão¹ (FERREIRA et al. 2004). Desenvolver estratégias eficientes de integração entre o setor agrícola e o confinamento bovino e, acompanhar as informações do mercado analisando o comportamento volátil dos preços das *commodities* são indispensáveis para o correto planejamento da atividade rural e, imprescindível para garantir lucratividade. A partir da análise

¹ Segundo Miserani (2002) tomada de decisão é o ato de selecionar, dentre várias opções possíveis, a mais adequada para o alcance de certo objetivo.

correta dessas informações o empresário rural terá condições de tomar, entre várias possibilidades, a melhor decisão (SACHS & MARGARIDO, 2007).

O conhecimento das variações dos preços das *commodities*² é de grande importância para os agentes do mercado agropecuário que trabalham com expectativas. A aplicação deste trabalho busca fornecer subsídios aos produtores no processo de planejamento da produção e tomada de decisão se é mais vantajoso, em função do preço de mercado, vender grãos e resíduos originados destes, armazená-los, ou utilizá-los na alimentação dos animais confinados; quando começar e até quando confinar; produzir ou comprar o alimento; além de outras questões. O objetivo é dar suporte para o proprietário da empresa rural decidir qual a melhor forma de promover a integração entre a atividade agrícola e o confinamento bovino alcançando o lucro máximo.

O sistema utilizará recursos na área de pesquisa operacional para modelar matematicamente um sistema utilizando técnicas de programação linear multiperíodica buscando à maximização do lucro líquido de sistemas produtivos que integram confinamentos de gado de corte e produção e comercialização de grãos, visando, com isso, contribuir com a competitividade e sustentabilidade do agronegócio da pecuária de corte.

Para tanto, é realizada uma revisão bibliográfica abordando a cadeia produtiva bovina dando ênfase à produção rural (dentro da porteira), mais especificamente ao confinamento bovino; em seguida é detalhado todo o controle empresarial, com foco no planejamento, no sistema de custos e nas metodologias de cálculo de produção agropecuário. São descritas também nessa sessão as principais variáveis utilizadas nos cálculos de produção. A última parte da revisão

² De acordo com Azevedo (1997) uma mercadoria (*commodity*) recebe esta denominação ou qualificação quando se encaixa em pelo menos três requisitos mínimos: (1) padronização em um contexto de comércio internacional; (2) possibilidade de entrega nas datas acordadas entre comprador e vendedor e; (3) possibilidade de armazenagem ou de venda em unidades padronizadas.

contextualiza a técnica de pesquisa operacional, mostrando a utilidade dos modelos matemáticos dentro da dinâmica de sistemas e descrevendo os principais aspectos da programação linear. Por fim são apresentados alguns trabalhos na área agropecuária que utilizaram modelos matemáticas para tomar decisões e alcançar os objetivos desejados.

Após a revisão da literatura é descrita as características do local do estudo, é desenvolvido um modelo matemático de maximização dos lucros e são analisados um cenário ótimo e um cenário alternativo.

1.1 PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA

A produção de carne bovina através da atividade de confinamento representa apenas cerca de 7% dos animais abatidos, segundo dados da Agra FNP Pesquisas (2009). No entanto, essa carne é geralmente colocada no mercado em seu momento crítico de oferta, ou seja, na entressafra, sendo assim uma atividade de extrema importância.

A intensificação da tecnologia na exploração da pecuária é uma realidade, e cada vez mais há sua integração com a agricultura, levando a busca de novas técnicas que visam produzir mais em menor área e em um menor tempo, aproveitando cada vez mais os resíduos resultantes do processamento e pré-limpeza dos grãos da agricultura para alimentação animal. Dessa forma, está havendo uma nova dinâmica à pecuária bovina de corte nacional.

O êxito na produção de carne bovina, mais especificamente no sistema de terminação em confinamento, está calcado em alguns requisitos básicos como: disponibilidade de animais com potencial para ganho de peso, disponibilidade de alimentos em quantidade e proporções adequadas e, segundo Reis (1986), controle gerencial da atividade. Além disso, um ponto

fundamental para a manutenção e crescimento dessa atividade está no acompanhamento do mercado e na análise da volatilidade dos preços não só do boi, mas também dos produtos agrícolas utilizados na alimentação dos animais confinados. Essa volatilidade é derivada da interação de diversos elementos determinados pela relação entre oferta e demanda de produtos, alguns deles são: exportações; importações; estoques; relação cambial; influência da renda; sazonalidade; relação de substituição com outros produtos; custos de produção; e os avanços tecnológicos.

Os fatores de produção (recursos naturais, força de trabalho e capital) influenciam a qualidade, a produtividade e o volume de produção ao longo de vários períodos, resultando em flutuações nos preços dos produtos. Este fato leva a um elevado grau de instabilidade e maior amplitude na variação dos preços. Diante dessas incertezas, o sistema de confinamento deve ser bem planejado e deve ser desenvolvido dentro de um contexto favorável, com um custo minimizado e uma maior gama possível de informações, fazendo com que o risco relacionado às incertezas do mercado diminua (SACHS & MARGARIDO, 2007).

Nesse cenário, este trabalho propõe responder como a integração das atividades agrícolas e o confinamento bovino deve ocorrer visando o maior retorno financeiro.

A justificativa para desenvolver a atividade de confinamento no Brasil até o final da década de 80 era devido ao aproveitamento do diferencial de preços do boi gordo entre a safra e a entressafra que chegava a uma diferença de no mínimo 30%. Isso ocorria devido à maioria dos abates serem no primeiro semestre, uma época de elevada disponibilidade de forragem, facilitando assim, a engorda do boi. Os bois que não eram abatidos até final de junho perdiam peso na seca (entressafra), pois não havia formas de mantê-los gordos nessa época apenas com sistema extensivo. A solução, então, era confinar para poder abatê-lo ainda naquele ano. Diante

disso, o preço do boi no final do primeiro semestre diminuía devido a grande oferta (BURGI, 2008).

Atualmente, com o aumento do número de confinadores e com o advento de alternativas de produção em áreas antes impossíveis de serem exploradas, as relações de oferta e de demanda mudaram. Com o desenvolvimento de Forrageiras como a *Brachiaria Brizantha cv Marandu* (braquiarião) e com a utilização mais intensiva de minerais é possível manter os bois gordos em condições de abate até os meses de julho, agosto e/ou setembro (entressafra). Desse modo, o diferencial de preços da arroba do boi gordo, entre os períodos de safra e de entressafra, reduziu-se bastante (BURGI, 2008).

O confinamento hoje no Brasil é uma atividade pouco atrativa economicamente quando analisada isoladamente. Então, por que confinar? As justificativas para sua adoção não estão baseadas mais na ordem econômica de especulação de preços como era antigamente, e sim como uma alternativa estratégica dentro de algum sistema, como por exemplo: frigoríficos que tem confinamento conseguem maior poder de barganha no momento de adquirir animais para abate, pois eles possuem uma reserva de abate e assim podem controlar de certa forma o preço do boi gordo; pecuaristas que realizam ciclo completo de produção bovina têm no confinamento uma ferramenta que proporciona maior giro de capital, redução da idade de abate e, liberação de pastagens intensificando as atividades de cria e recria; reduzir a lotação das pastagens na seca e constituir uma reserva de alimentos volumosos; ganhar qualidade nos produtos; servir como alternativa para propriedades com expressiva atividade agrícola uma vez que a matéria-prima básica para a alimentação já se encontra disponível na propriedade. Essas mudanças fizeram com que a pecuária de corte se desenvolvesse e hoje existe maior valorização da gestão produtiva e empresarial nas fazendas (LACORTE, 2002).

Segundo Lopes e Magalhães (2005), o produtor deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico, atualizando-se e sempre procurando aumentar seus conhecimentos para obter competitividade no mercado atual. O empresário rural deve implantar todas as técnicas e procedimentos modernos disponíveis de modo a produzir com eficiência, buscando aumentar a produção e reduzir os custos. Observar sempre o mercado para tomar a melhor decisão no momento de negociar o produto final carne na pecuária e grãos na agricultura.

Uma estratégia de se obter um retorno desejável na atividade de confinamento é a integração dos confinamentos com sistemas de produção e comercialização de grãos e derivados (resíduos obtidos com o processamento e pré-limpeza dos grãos). Propriedades com expressiva atividade agrícola têm nos confinamentos uma opção viável para diversificar suas atividades e reaproveitar os resíduos oriundos da lavoura uma vez que parte da alimentação, segunda variável³ que mais influencia na rentabilidade da atividade de confinamento bovino, já se encontra disponível na propriedade. Da mesma forma, um sub-produto do confinamento, o adubo orgânico, pode ser reaproveitado na lavoura, economizando assim com fertilizantes químicos.

Caberia, nesta perspectiva, avaliar o comportamento das duas atividades dentro das oscilações do mercado a fim de se determinar a intensidade de cada uma segundo as variações de preço e de custo buscando maximizar a eficiência da exploração conjunta de ambas as atividades.

1.2 OBJETIVOS

O manejo de confinamentos de gado de corte e o cultivo, produção e comercialização de grãos, quando explorados conjuntamente na propriedade agrícola, revelam-se fortemente integrados quando se busca a eficiência global do sistema produtivo. Cada parte interfere

³ Ver MOREIRA et al. (2009) e LOPES e MAGALHÃES (2005).

contribuindo com diversos fatores biológicos, físicos e econômicos que interagem de forma complexa e dinâmica ao longo do tempo. Com esse pressuposto estabeleceu-se os seguintes objetivos neste trabalho:

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver, implementar computacionalmente e validar um modelo de otimização visando à maximização do lucro líquido de sistemas produtivos que integram confinamentos de gado de corte e produção e comercialização de grãos, por meio da aplicação de programação linear multiperiódica.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar os componentes que exercem maior influência sobre o custo operacional efetivo da arroba da carne bovina;
2. Estabelecer a quantidade de bois a serem confinados e decidir qual o melhor período para iniciar e terminar o confinamento, analisando a rentabilidade com base nos preços de venda de animais e grãos, acompanhando o comportamento de preços de mercado das principais *commodities*;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é apresentar alguns dos principais conceitos e abordagens utilizadas nos estudos do agronegócio, focalizando o tema proposto de exploração da pecuária bovina brasileira, mais especificamente o confinamento bovino e ressaltar os aspectos relevantes para alcançar o ponto ótimo da associação do sistema agropecuário (confinamento com produção agrícola). Apresentar também uma revisão dos principais trabalhos relacionados às modelagens matemáticas na esfera agropecuária, em especial trabalhos que envolvam confinamento de gado de corte.

2.1 AGRIBUSINESS, AGROPECUÁRIA E PECUÁRIA DE CORTE

O setor agropecuário ou primário é de grande importância para a economia brasileira, em virtude da vasta extensão territorial do país, condição climática adequada à produção de várias culturas e à criação de animais. Com o desenvolvimento da agropecuária ao longo do tempo, visando atender às crescentes exigências dos consumidores, seu caráter estritamente rural foi se esgotando, e o setor passou a ser cada vez mais dependente dos demais setores, secundário e terciário, formando todo um complexo que foi denominado “agribusiness” ou agronegócio.

Esse conceito de “agribusiness” (agronegócio) foi originalmente enunciado pelos pesquisadores da Universidade de Harvard, John Davis e Ray Golberg (1957) *apud* Batalha (1997, p.25) como sendo:

a soma das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles.

Para Nassar (2001, p.79) o conceito de agronegócio caracteriza-se como “um conjunto de atividades especializadas envolvendo uma série de agentes, que desempenham os mais variados papéis e apresentam grande interação e interdependência entre si”. Percebe-se que os autores seguem uma ótica sistêmica de pensamento na análise do agronegócio. Isso caracteriza uma abordagem diferenciada, ou seja, uma visão “do todo”, agrupados em agentes econômicos responsáveis pelas atividades a qual se envolve o agronegócio (produção, transformação e consumo de alimentos).

Seguindo o contexto de definições, dois termos utilizados no setor produtivo rural e que são muitas vezes utilizados como sinônimos devem ser diferenciados: Agricultura e Agropecuária. Ferreira (1991, pág.53) define agricultura como sendo “**1.** Arte de cultivar os campos; cultivo da terra; lavoura; cultura. **2.** Conjunto de operações que transformam o solo natural para produção de vegetais úteis ao homem” e agropecuária é definida como sendo “teoria e prática da agricultura e da pecuária, nas suas relações mútuas”. Em uma explicação mais completa, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) define agropecuária como sendo todas as atividades realizadas dentro do estabelecimento rural incluindo agricultura, pecuária, silvicultura, sericicultura, extração vegetal, cunicultura e floricultura. Portanto, observa-se que a agricultura passa a ser um subsetor da agropecuária.

Quanto às características da pecuária de corte brasileira observa-se, nos últimos anos, que esse setor tem passado por significativas mudanças que proporcionaram à atividade maior capacidade competitiva. Ganhos com economia de escala, melhoramento genético dos animais, espécies de forrageiras próprias e o baixo custo da mão-de-obra possibilitam ao Brasil produzir carne bovina a custos mais baixos que os concorrentes.

Houve grande avanço na qualidade e manejo das pastagens no Brasil, aumentando consideravelmente a capacidade de suporte e produtividade. Existem hoje no país cerca de 115 milhões de hectares de pastagens artificiais, e as braquiárias são as forrageiras mais plantadas, ocupando uma área com cerca de 95 milhões de hectares (IBGE, 2008). Há uma crescente redução das áreas de pastagens no país. Essas áreas estão sendo substituídas por lavoura em função da maior rentabilidade da agricultura. Apesar dessa diminuição de áreas, o rebanho bovino tende a aumentar, fruto da adoção de técnicas de manejo, utilização da integração lavoura-pecuária com intuito de melhorar as pastagens aumentando a lotação por área, uso de suplementação dos rebanhos, maior utilização da atividade de confinamento bovino principalmente por aproveitar sub-produtos da lavoura na alimentação desses animais.

Segundo a Agra FNP Pesquisas (2009), o Brasil possui o segundo maior rebanho mundial de gado bovino, totalizando aproximadamente 170 milhões de cabeças, correspondendo em torno de 17,4% do rebanho mundial de bovinos, ficando atrás apenas da Índia com 28,6%. A Tabela 2.1 abaixo apresenta a evolução do rebanho mundial em milhares de cabeças dos principais países desde o ano de 2004.

O Brasil ocupa a segunda posição em termos mundiais de abate de gado bovino, tendo abatido 39 milhões de animais em 2008, correspondendo a uma taxa de abate de 23% do rebanho total do país. Essa taxa é baixa em comparação às taxas de abate de outros países como Estados Unidos, União Européia, Austrália e Argentina (ANUALPEC, 2009).

A China foi o país que mais abateu gado bovino em 2008, e apresentou também a maior taxa de abate, que foi de 42%. A Tabela 2.2, a seguir, mostra os países que mais abateram gado bovino e quais as suas respectivas taxas de abate no ano de 2008 (ANUALPEC, 2009).

Tabela 2.1. Rebanhos mundiais de gado bovino (milhares de cabeças)

Países	2004	2005	2006	2007	2008
Índia	282.500	282.300	282.000	281.700	281.400
Brasil*	177.248	176.229	171.636	169.352	170.837
China	112.354	109.908	104.651	105.948	107.095
Estados Unidos	95.438	96.702	97.003	96.669	96.200
União Européia (27)	89.319	89.672	88.463	88.300	88.000
Argentina	53.767	54.266	55.664	55.662	55.162
Colômbia	27.370	28.452	29.262	30.095	31.040
Austrália	27.270	27.782	28.400	28.100	28.300
México	27.572	26.949	26.644	26.725	27.094
Rússia	21.100	19.850	19.000	18.370	17.800
África do Sul	13.510	13.790	13.934	14.082	14.195
Canadá	14.925	14.655	14.155	13.895	13.350
Uruguai	12.546	12.334	11.915	11.869	11.759
Nova Zelândia	9.415	9.465	9.610	9.730	9.833
Ucrânia	6.992	6.514	6.175	5.491	4.971
Japão	4.401	4.390	4.391	4.398	4.400
Egito	6.415	6.169	5.634	5.308	5.035
Outros Países	21.142	21.003	20.936	21.010	15.719
Total	1.003.284	1.000.430	989.473	986.704	982.190

* Estimativa AraFNP

Obs: Efetivo do Rebanho existente em 31 de dezembro de cada ano e inclui gado bubalino.

Fonte: USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

Tabela 2.2. Quantidade de animais abatidos e taxas de abates mundiais de gado bovino (milhares de cabeças)

Países	Número de animais abatidas	Taxas de abate (%)
China	44.524	42
Brasil	39.541	23
Estados Unidos	35.468	37
União Européia	28.950	33
Índia	26.050	9
Argentina	14.800	27
Austrália	8.715	31
Rússia	7.680	43
Outros Países	34.750	-
Total	240.478	25

Fonte: USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

Elaborada pelo autor

Quanto ao número efetivo de cabeças de gado por região brasileiro no ano de 2008, o Centro-Oeste é a região onde se concentra a maior parte do gado brasileiro com aproximadamente 50 milhões de cabeças (31,4% do total de bovinos presentes no país). O Mato Grosso é o principal estado produtor e Corumbá (Mato Grosso do Sul) é o município que tem o maior efetivo de bovinos do País (IBGE, 2009).

Segundo dados levantados pelo IBGE (2009), comparando os dados de 2008 com os de 2007, observa-se diminuição do número efetivo de animais no Sudeste (-2,0%), com redução mais relevante em São Paulo (-5,1%). As outras regiões apresentaram aumento do efetivo: Norte (3,3%), Nordeste (0,5%), Sul (4,0%) e Centro-Oeste (1,2%). Destaques para os aumentos observados nos efetivos de Santa Catarina (10,8%) e no Pará (5,8%).

O rebanho bovino brasileiro, considerado o maior rebanho comercial do mundo, teve um aumento crescente até o ano de 2004 e na sequência um declínio, se estabilizando em torno de 170 milhões de cabeças. Em relação ao abate de bovinos brasileiros, considera-se uma redução do efetivo bovino nos anos 2005, 2006 e 2007, consequência do aumento do abate de animais nesses mesmos anos, principalmente da elevação do abate de matrizes. O Centro-Oeste é a região com o maior número de bovinos abatidos, porém apenas uma pequena parcela é consumida no mercado local, destinando-se a maior parte aos mercados do Sudeste brasileiro (CEPEA, 2006).

Em 2008 a produção mundial de carne bovina foi de 57,4 milhões de toneladas de equivalente-carcaça, sendo 23,2 milhões referentes aos países OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) e 34,2 milhões dos países que não pertencem a OECD. Atualmente o Brasil é o segundo maior com quase 8 milhões de toneladas produzidas, respondendo por 12,9% da produção mundial. Os Estados Unidos se posicionam em primeiro com uma produção pouco acima de 12 milhões de toneladas e, a União Européia, composta por

27 países, produz pouco mais que 8 milhões de toneladas de equivalente-carcaça. Os países com maior expectativa de aumentos da produção de carne bovina para os próximos anos são China e Brasil. A China vem em forte crescimento, mas o problema da falta de água que acomete este país pode prejudicar essa expansão (ABIEC, 2009).

Quanto ao consumo mundial de carne bovina, o Brasil se encontra em terceiro lugar, com um consumo de 7,5 milhões de toneladas de equivalente-carcaça. Deve-se destacar também as posições dos Estados Unidos, União Européia e China como principais mercados consumidores, sem desprezar os outros países que possuem potencial para crescimento como Rússia, Japão, Índia e México. O forte crescimento chinês nos últimos anos ocorreu devido, principalmente, ao crescimento econômico do país, que garante maior consumo de proteínas de origem animal, e às mudanças nos hábitos de consumo (ABIEC, 2009).

Os principais fatores para o crescimento da demanda mundial por carnes são o aumento da população, aumento da renda per capita e urbanização. A expectativa é que o crescimento do consumo ocorra em países emergentes, ou seja, em países em desenvolvimento onde cada vez mais suas populações migram para as cidades. O país que melhor representa as mudanças causadas por esses três fatores é a China, como dito no parágrafo anterior (ABIEC, 2009).

É importante relatar que o aumento na oferta de carne bovina deve-se não somente ao aumento do número de animais, mas também aos crescentes ganhos de produtividade que o setor vem obtendo.

Em relação às exportações mundiais de carne bovina, desde 2004 o Brasil ocupa a posição de maior exportador, com participação de 24%. A Austrália ocupa o segundo lugar, mesmo sendo a oitava produtora mundial de carne. Já os Estados Unidos que eram grandes exportadores até 2003 perderam mercado devido à ocorrência de encefalopatia espongiforme bovina, vulgarmente

conhecida como doença da vaca louca ou BSE. É uma doença neurodegenerativa que afecta o gado doméstico bovino. Esta doença causou perdas aos EUA que atualmente se encontram em terceiro. Outro país que merece destaque é a Índia que cresceu mais de três vezes nos últimos dez anos e se posicionam agora em quarto lugar, logo abaixo dos Estados Unidos. Na sequência e com grande expressão como exportadores se encontram a Nova Zelândia, Canadá e Argentina (USDA, 2009).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (2009), o Brasil tem grande capacidade de manter a liderança na exportação de carne bovina, principalmente por ter vantagens em relação a expansão horizontal com crescimento em terras não exploradas, e em relação a expansão vertical com o incremento da produtividade. No entanto, deve-se melhorar os fatores relacionados à segurança sanitária, certificação de qualidade de origem (rastreabilidade) do rebanho, preservação ambiental e questões trabalhistas.

O Brasil, em suas relações de fluxos comerciais de carne bovina distribui suas exportações entre os países da Europa, Norte da África, Estados Unidos e América do Sul. O principal país comprador do Brasil em 2008 foi a Rússia, com 31% de toda carne bovina exportada por nós. O Japão por questões sanitárias não importa carne brasileira, assim como a Coreia do Sul (ABIEC, 2009).

Quanto às importações mundiais de carne bovina, os Estados Unidos, em 2008, apareceram em primeiro lugar, importando 1,1 milhões de toneladas, deixando a Rússia logo atrás com pouco mais de 1 milhão de toneladas. Com uma quantidade menor, o Japão surge em terceiro, seguido pelo México e União Europeia. O Brasil importa relativamente pouca carne bovina, aproximadamente 24 mil toneladas em 2008. As importações mundiais possuem uma

tendência de estabilidade, não havendo muita alteração de posição entre os países ao longo dos últimos anos.

Como resumo dos indicadores do balanço da bovinocultura no Brasil, a Tabela 2.3 mostra a evolução da pecuária brasileira desde o ano 2002.

Tabela 2.3. Balanço da pecuária de corte brasileira

Referências	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Rebanho (milhões de cabeças)	172,2	175,0	176,1	175,1	169,9	167,5	169,8
Produção bezeros (milhões de cabeças)	44,3	44,1	45,0	47,1	46,5	43,8	44,1
Produção (milhares toneladas equivalente-carcaça)	6.952	7.159	7.577	8.151	8.600	7.783	7.328
Taxa de abate (%)	21,6	22,2	23,3	25,3	27,7	25,1	22,9
Consumo interno (milhares toneladas equivalente-carcaça)	6.089	6.009	5.994	6.337	6.525	5.615	5.524
Consumo Per Capita (kg/hab/ano)	35	34	34	35	36	31	30
Exportações (milhares toneladas equivalente-carcaça)	929	1.208	1.630	1.857	2.100	2.194	1.829
Exportações (% da produção)	13,4	16,9	21,5	22,8	24,4	28,2	25,0
Importações (milhares toneladas equivalente-carcaça)	66	58	48	43	25	26	24
População Brasil (milhões de habitantes)	173	175	177	179	181	184	186

Fonte: Adaptado da AgraFNP (2009)

2.2 CADEIA PRODUTIVA NO AGRONEGÓCIO

O conceito de cadeias produtivas foi desenvolvido para criar modelos de sistemas dedicados à produção, que incorporassem os atores a montante e à jusante da produção agropecuária. O sistema produtivo agropecuário visa à produção de alimentos, fibras, energia,

biocombustíveis e outras matérias-primas de origem animal e vegetal. Esse sistema produtivo agropecuário é um subsistema da cadeia produtiva e refere-se às atividades de “dentro da porteira da fazenda”.

Segundo Morvan (1988) *apud* Batalha & Silva (2001), três elementos estariam ligados a uma visão de cadeia produtiva. O primeiro diz que a cadeia de produção é uma sucessão de operações de transformação dissociáveis, capazes de serem separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico. No segundo ponto, a cadeia de produção é também um conjunto de relações comerciais e financeiras, que estabelecem um fluxo de troca entre fornecedores e clientes. E o terceiro relaciona a cadeia produtiva à um conjunto de ações econômicas que presidem a valoração dos meios de produção e asseguram a articulação das operações.

A cadeia produtiva é o conjunto de elos interativos. Os elos mais comuns de uma cadeia produtiva agrícola são: as indústrias de insumos que fornecem os fatores de produção (defensivos, máquinas, combustíveis, lubrificantes, sementes, suplementação mineral, concentrados, medicamentos, e outros); as propriedades agrícolas, com seus diversos sistemas produtivos agropecuários; as agroindústrias (frigoríficos e processadores agrícolas); os distribuidores (rede atacadista e varejista); e por fim o mercado consumidor, composto pelos indivíduos que pagam e consomem o produto final (CASTRO et al. 1994).

No gerenciamento dos sistemas produtivos, busca-se: a) maximizar a produção biológica e/ou econômica; b) minimizar custos; c) maximizar a eficiência do sistema produtivo para determinado cenário sócio-econômico; d) atingir determinados padrões de qualidade; e) proporcionar sustentabilidade ao sistema produtivo; f) garantir competitividade ao produto. Dessa forma, pode-se dizer também que o sistema produtivo é um conjunto de conhecimentos e

tecnologias em interação, aplicado a uma população de vegetais e/ou animais em determinado meio ambiente buscando atingir os objetivos descritos nos itens acima (CASTRO et al., 1995).

Esta dissertação busca trabalhar com cadeias integradas, que se caracteriza como sendo uma cadeia produtiva cujo produto se constitui em insumo para outra cadeia (exemplo: cadeia integrada de soja e bovinos; cadeia integrada de milho e bovinos).

2.3 CADEIA PRODUTIVA DA CARNE BOVINA

A cadeia da carne bovina ocupa posição de destaque no contexto da economia rural brasileira, ocupando grande área do território nacional e respondendo pela geração de emprego e renda a milhões de brasileiros. O conjunto de agentes que a compõe apresenta grande heterogeneidade: de pecuaristas altamente capitalizados a pequenos produtores empobrecidos, de frigoríficos com alto padrão tecnológico, capazes de atender a uma exigente demanda interna e externa, a abatedouros que não preenchem requisitos mínimos da legislação sanitária. Dessa forma, essa cadeia é caracterizada como uma das mais complexas quanto à estrutura e aos agentes envolvidos (MICHELS et al., 2001). Bliska e Gonçalves (1998) *apud* Dias (2003, p.47), definem a cadeia produtiva de carne bovina da seguinte maneira:

[...] um conjunto de componentes interativos, tais como diferentes sistemas produtivos, fornecedores de serviços e insumos, indústrias de processamento e transformação, distribuição e comercialização de produtos e subprodutos, e seus respectivos consumidores finais.

A Figura 2.1 procura representar esse conjunto, bem como os principais elos que compõem a cadeia de carne bovina. Verifica-se a existência de cinco subsistemas, que são compostos pelos seguintes agentes: indústria de insumos; produção animal; indústria frigorífica; distribuição (atacado e varejo); e por fim consumidores. As partes em **negrito** referem-se aos

pontos nos quais a pesquisa está embasada, ou seja, dentro do subsistema produção animal (dentro da porteira) o foco de trabalho é o confinamento de gado de corte.

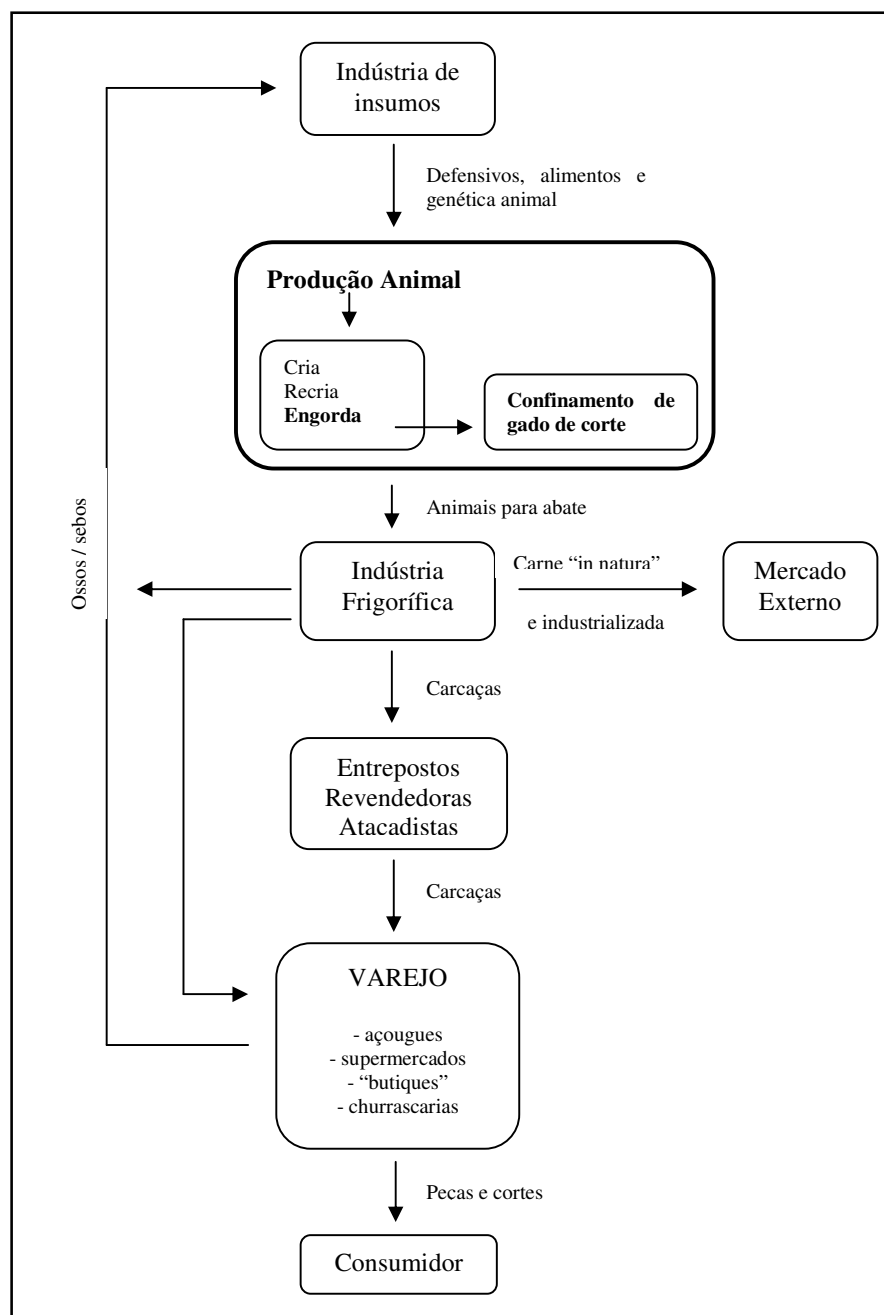
2.4 ATIVIDADES DA PRODUÇÃO ANIMAL (PECUÁRIA DE CORTE)

Seguindo a linha de pensamento da dissertação, esse item discorre sobre o sistema pecuário e focaliza na atividade de engorda, mais especificamente o confinamento bovino (engorda intensiva).

Ferreira (1991 p. 1053) define pecuária como sendo a “arte e indústria do tratamento e criação de gado”. Acredita-se que o ser humano começou a criar animais para fins gerais (obtenção de carne, couro, aproveitamento do esterco na lavoura etc.) com a decorrência de sua permanência em um dado local, deixando assim de ter características nômades. Os relatos sobre a pecuária e a civilização vêm de períodos bíblicos, o que se pode encarar como uma decorrência de longa data. De acordo com Fausto (1996, p.84):

[...] a criação de gado no Brasil começou nas proximidades dos engenhos, mas a tendência à ocupação das terras mais férteis para o cultivo da cana foi empurrando os criadores para o interior. Em 1701, a administração portuguesa proibiu a criação em uma faixa de oitenta quilômetros da costa para o interior. A pecuária foi responsável pelo desbravamento do “grande sertão”. Os criadores penetraram no Piauí, Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e, a partir da área do Rio São Francisco, chegaram aos Rios Tocantins e Araguaia. Mais do que o litoral, foram essas regiões que se caracterizaram por imensos latifúndios, onde o gado se esparramava a perder de vista.

A criação de gado sempre foi ligada ao desbravamento de novos territórios, este vínculo histórico é característico das atividades dos bandeirantes, onde viam no gado um produto que se multiplicava e podia se locomover (diferentemente de outras culturas rendáveis da época). Deste modo a pecuária se inseriu em regiões antes não exploradas, fixando assim populações em pontos estratégicos de interesse da Metrópole (Portugal), assim se deu o processo de colonização do interior do Brasil (HOLANDA et al., 1968).



2.1. Sistema agroindustrial da carne bovina no Brasil.

Fonte: Adaptado de WIAZOWSKI (2000).

As atividades da pecuária podem ser divididas em três partes: cria, recria e engorda. Cada uma dessas partes normalmente é ocupada por um produtor especializado, o que não impede de um pecuarista se estabelecer em duas ou até mesmo nas três atividades da pecuária. Michels et al. (2001) pontua que a verticalização da produção – processo em que um mesmo proprietário efetua a cria, a recria e a engorda – pode reduzir significativamente sua lucratividade, uma vez que é necessário suportar um grande número de animais na propriedade, tornando-se menor o giro de capital. No entanto, essa verticalização pode primar pela qualidade, por reduzir a idade de abate e por deixar o pecuarista menos sujeito às variações de preço do mercado. Além disso, se considerarmos a utilização de confinamento na atividade de engorda, pode-se aumentar o giro de capital, liberar áreas para as demais categorias pecuárias, dentre outras vantagens já citadas anteriormente nesse trabalho.

De acordo com Marion (1996) a fase de cria é caracterizada pela atividade de produção e venda de bezerros. Essa venda é realizada após o desmame dos bezerros que normalmente ocorre aos 7 – 8 meses de idade. O período de gestação do bovino dura em média 9 meses.

Michels et al. (2001, p.53), por sua vez, define a atividade de cria como:

[...] a atividade que tem como produto o bezerro. A fase de cria necessita de elevado capital imobilizado em touros, novilhas e matrizes (vacas), e também no fator terra, por requerer área extensa para sua realização. Tem ela, portanto, um baixo giro de capital e, conseqüentemente, menor rentabilidade.

Marion (1996) entende a fase de recria como uma atividade básica de produção e venda do novilho magro para a engorda e no caso da fêmea produção e venda da novilha desmamada para a fase de cria, que ocorre quando a fêmea atinge o período fértil. Os animais permanecem nessa atividade durante uma média de 20 meses.

A recria é definida por Michels et al (2001, p.53) como:

[...] com o fim da fase de cria, inicia-se a de recria, que consiste em comprar o bezerro/a de até um ano de idade e recriá-lo até atingir 24 a 28 meses, quando será chamado de garrote ou boi magro. Essa fase necessita de pouco capital imobilizado, mas requer grande dedicação no processo de compra e venda dos animais. O pecuarista deve comprar os bezerros quando o preço estiver em baixa e vender os garrotes quando estiver em alta.

2.4.1 Engorda

Segundo Py (1995, p.15) a engorda é a “exploração de bovinos com a finalidade especificada de engorda para abate, denominada também de internada. Para Marion (1996) a engorda é a atividade caracterizada pela compra do novilho magro, e produção e venda do resultado, que é o novilho gordo.

De acordo com Michels et al. (2001, p. 54) a engorda:

[...] se estende desde o fim da recria até a terminação do boi, ou seja, compreende o período que vai dos 24-28 meses até o momento em que o animal atinge idade e peso ideais para o abate – geralmente acima dos 36 meses de idade, com peso vivo de aproximadamente 500kg e peso morto de 270 kg (18 arrobas) ou 54% do peso vivo. O “internista” (pecuarista que só se dedica à fase da engorda) compra o boi magro, engorda-o e vende-o a frigoríficos.

A engorda pode ser feita através de três sistemas de produção, segundo Marques et al. (2003):

- a) Engorda extensiva: os animais são engordados a campo recebendo como alimento somente o pasto, com suplementação de sal mineral;
- b) Engorda mista ou semi-intensiva: neste sistema, há uma associação entre as engordas extensivas e intensivas, de modo sucessivo ou simultâneo;
- c) Engorda intensiva ou em confinamento: os animais são reunidos em pequenos lotes e recebem alimentação controlada de volumosos e concentrados.

No item seguinte é explicado em detalhes este último sistema de produção (engorda intensiva).

2.4.1.1 Confinamento bovino

O confinamento de bovinos no Brasil passou a ganhar importância a partir de 1980, quando esta prática alternativa permitia oferecer animais para abate em períodos de escassez de oferta, além é claro de servir como investimento por parte dos pecuaristas. Esse sistema de produção foi favorecido pela interação agroindústria-pecuária, sendo desenvolvido por pecuaristas de médio e grande porte, principalmente em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo (WEDEKIN et al, 1994). Atualmente, os Estados mais importantes no uso desta técnica são: São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Paraná e Rio Grande do Sul. Estes estados participam com mais de 87% do total de confinamentos do Brasil (ANUALPEC, 2009).

O avanço desta técnica pode ser observado comparando-se os dados de confinamentos (não incluindo semi-confinamentos) no Brasil em 1990, que totalizavam 755 mil cabeças, enquanto que este número passou para 1,4 milhões em 1996 e, finalmente, para 2,7 milhões cabeças em 2008 (aproximadamente 1,6% do rebanho brasileiro), representando, portanto, um grande crescimento no período 1990/2008 (ANUALPEC, 2009). Para visualizar melhor esses dados, é apresentada na Tabela 2.4 a evolução, em cada Estado, dos confinamentos no Brasil desde o ano de 2000.

Tabela 2.4. Confinamentos no Brasil* (milhares de cabeças)

Estados	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
SP	580	530	506	529	617	598	550	613	705
GO	225	218	255	296	383	352	388	396	456
MT	210	192	202	229	302	308	289	319	367
MS	210	211	227	268	346	304	282	313	360
MG	165	155	147	149	170	158	146	162	187
BA	105	110	115	111	117	121	108	122	141
PR	105	94	90	88	93	94	85	95	110
RS	90	88	87	84	89	83	76	85	97
TO	55	58	64	67	72	70	60	69	80
SC	35	37	39	35	38	35	32	36	41
RJ	20	21	18	16	17	16	14	16	18
ES	15	15	14	13	14	14	12	13	16
Outros	135	139	142	154	169	152	132	151	174
TOTAL	1.950	1.868	1.906	2.039	2.427	2.305	2.181	2.397	2.757

*Não inclui semi-confinamento

Fonte: Adaptado AgraFNP

No Brasil Central, o confinamento é conduzido durante a época seca do ano, já que cerca de 70% a 80% da produção forrageira se dá no período chuvoso e somente 20% a 30% ocorre no outono e inverno. Portanto, o objetivo do confinamento é alcançar elevados ganhos de peso afim de que o animal seja terminado e abatido o mais rápido possível ainda na entressafra quando as cotações da arroba do boi tendem a ser um pouco melhores (PEIXOTO et al., 1989).

O sistema de confinamento de bovinos tem como principal característica a formação de lotes de animais em piquetes ou currais de engorda com área restrita. O fornecimento de alimentos ocorre via cocho, tanto a parcela concentrada (farelos e grãos) quanto a volumosa (silagens, cana-de-açúcar, capineiras ou feno), tendo assim um controle total sobre o fornecimento da alimentação dos animais. Isto facilita o controle e permite um melhor planejamento, garantindo maior resultado em termos de ganho de peso e qualidade da carne (PEIXOTO et al. 1989).

Para Cardoso (1996), as condições básicas para o desenvolvimento sustentável e lucrativo de um sistema de engorda em confinamento são: fornecimento adequado de alimentos, em quantidades e proporções ideais para cada categoria animal confinada; disponibilidade de animais saudáveis e com potencial genético para ganho de peso; instalações adequadas; e planejamento gerencial da atividade.

Os indicadores de desempenho técnico “ganho de peso” e “conversão alimentar” mostram o resultado da seleção conjunta desses fatores relatados por Cardoso. E quanto mais rígido for o critério de escolha maior será o ganho de peso e menor será a conversão alimentar⁴ dos animais e consequentemente melhor será o desempenho técnico e financeiro (BURGI, 2008).

No Brasil, predomina-se o confinamento de terminação com a formação de lotes de entrada com animais entre 2,5 e 3,5 anos de idade com peso entre 12 e 13 arrobas (@) ou 350 Kg e 390 Kg respectivamente, permanecendo confinados em piquetes ou currais de engorda por um período entre 60 e 120 dias (período que depende da eficiência de conversão alimentar de cada animal) e indo para o abate pesando entre 16 e 17 arrobas ou 480 Kg e 510 kg respectivamente (AGROANALYSIS, 2004).

O confinamento deve se desenvolver em locais aonde existe facilidade para aquisição e venda de animais e facilidade para aquisição e/ou produção de alimentos. Esses são os principais pré-requisitos quando se deseja iniciar a atividade. A área para instalação do confinamento deve ser distante de rodovias, assim evitam-se contaminações, estresse nos animais e diminuem os riscos de furtos. Recomenda-se elaborar um projeto global para o confinamento, com áreas para possíveis ampliações futuras. O projeto deve incluir um centro de manejo dos animais (com brete

⁴ De acordo com Peixoto et al. (1989) conversão alimentar é a relação entre consumo de alimento e ganho de peso. (kg Matéria Seca / kg Ganho de Peso)

de contenção e balança de pesagem), áreas para produção, preparo (galpão com misturador, moedor e picador), conservação e armazenamento (silos graneleiros e forrageiros, armazéns para sacaria) dos alimentos, área para os currais de engorda, galpões para depósito de máquinas e equipamentos e instalações de gerência. Na área dos currais de engorda deve ter canais de drenagem para coleta de fezes e urina, isso conserva a área e controla a poluição (CARDOSO, 1996).

Quanto às especificações zootécnicas das instalações dos piquetes ou currais de engorda, Peixoto et al. (1989) relatam que um curral deve possuir dimensões compatíveis para abrigar entre cinquenta e cem animais com idade mais avançada e entre cem e duzentos animais novos (bezerros) e animais de sobreano (animais com 18 meses de idade). Em relação à área disponível para cada animal dentro de um piquete de engorda, recomenda-se entre 5 e 10 m² por animal quando utiliza-se piquetes com piso revestido (concreto, lajotas de formato poligonal etc.). Já quando o piso é de chão batido e a região é de clima seco recomenda-se entre 10 e 20 m² por animal, e quando a região é de clima úmido essa capacidade aumenta para em torno de 35 m² por animal. Outra diferença entre piquetes de engorda com piso revestido e os não pavimentados está na declividade do terreno. Enquanto o terreno dos piquetes não pavimentados deve ter declividade entre 3 e 5%, os piquetes de piso revestidos podem ter declividade entre 0,5 e 1,0%. Essa declividade tem o objetivo de possibilitar o escoamento das águas de superfície, do esterco e da urina em sentido dos corredores de serviços que deverão possuir um canal coletor.

Os modelos de cochos para distribuição de alimentos e de água irão depender da quantidade de capital disponível, da qualidade e durabilidade e principalmente da preferência do empresário rural. Como exemplos podem-se citar cochos de concreto (pré-moldados), tijolos revestidos de cimento, de madeira, de fibra, de ferro etc. O dimensionamento do cocho de

alimentação referente ao espaço por animal varia conforme o fornecimento da ração. Se o volumoso for fornecido misturado com o concentrado, pode-se utilizar um espaçamento de 0,35 metros por animal. Mas se o concentrado for fornecido por cima do volumoso o espaçamento deve passar para 0,5 metros por animal. Isso evita que os animais dominantes consumam o concentrado dos animais dominados. Como resumo, as instalações de um confinamento devem ser funcionais e práticas, de modo a facilitar o manejo diário dos animais (BURGI, 2008).

A engorda de bovinos em confinamento pode ser realizada por diversas categorias. Burgi (2008) classificou-as da seguinte maneira:

- Bezerros desmamados (super-precoce): animais com idade ente 8 e 10 meses que ficam confinados durante 130 a 160 dias. São animais que estão em fase de crescimento, portanto possuem grande formação de massa muscular e alto ganho de peso. Deve-se utilizar, de preferência, bezerros com peso vivo inicial acima de 220 kg;

- Novilhos (precoce): animais com idade entre 15 a 20 meses pesando em torno de 280 kg. Permanecem confinados durante um período de 100 a 120 dias. Assim como os bezerros, ainda possuem crescimento corporal, tendo então boa eficiência de conversão alimentar;

- Bois (garrotes): categoria seguinte caracterizada por animais de 24 a 30 meses de idade e com peso acima de 350 kg, preferencialmente. A duração desses animais no confinamento não deve ultrapassar 90 dias. Quando se trabalha com produção eficiente, essa é a última categoria de machos a serem confinadas, pois o ganho de peso nesses animais já começa a depender mais da deposição de gordura do que da formação de massa muscular. Lembrando que para produzir gordura custa mais que para produzir músculo;

- Bois erados (velhos): animais com idade superior a 36 meses de idade e com peso inicial de engorda de 400 kg. São animais que não podem ficar muito tempo confinados porque o risco

de ter prejuízo é grande devido a pouca eficiência em converter alimento em massa muscular.

Portanto recomenda-se um período máximo de 60 dias;

- Vacas de descarte: fêmeas mais velhas que não servem mais na produção de cria. São confinadas durante um período curto de até 60 dias;

- Novilhas: animais de 15 a 20 meses de idade que estão no final da fase de crescimento. Possuem peso de abate em torno de 360 kg. Como os novilhos, é uma categoria interessante para se confinar pois possuem boa conversão alimentar.

As principais vantagens de se fazer confinamento bovino estão apontadas por Peixoto et al. (1989) e por Velloso (1984) *apud* Wedekin (1994): alívio da pressão de pastejo; abates programados; liberação de áreas de pastagens para utilização de outras categorias, ou seja, os animais confinados deixam de concorrer por pastos com bezerros, matrizes e touros e, desta forma, as matrizes têm melhores condições de gestação e amamentação dos bezerros; redução na idade de abate e conseqüentemente aumento na taxa de desfrute do rebanho; viabilização da atividade pecuária em pequenas propriedades próximas a centros consumidores; permite elevada produção de adubo orgânico (esterco); aproveitamento de resíduos agroindustriais como alimento animal; rápido retorno de parte do capital investido; possibilidade de produção de carne de melhor qualidade; rendimento de carcaça mais elevado no abate; reduz a ociosidade dos frigoríficos na entressafra; e obtenção de preços melhores pela venda na entressafra.

Segundo Cardoso (1996), os principais fatores que causam problemas no confinamento de gado de corte, e que leva à diminuição do rendimento da atividade, são os que afetam os animais individualmente (distúrbios metabólicos, doenças e intoxicações) e os que afetam o lote de animais (presença de lama nos currais, comprimento de cocho insuficiente, uso de alimentos de baixa palatabilidade, alteração dos horários e forma de fornecimento de alimentos). Esses

problemas podem ser evitados ou diminuídos quando os princípios básicos de manejo animal, alimentar e sanitário são respeitados. Dessa forma é mais fácil alcançar a produtividade e a lucratividade desejada.

O acompanhamento e o controle constante da atividade são essenciais para o progresso da atividade. Deve-se observar diariamente o andamento da atividade e, deve-se registrar todos os acontecimentos. Só assim consegue-se fazer o controle de custos e receitas e chegar a um resultado que pode ser favorável ou desfavorável. Nesses registros podem ser incluídos, por exemplo, receitas com venda de animais e custos com aquisição de animais, com alimentação, com sanidade, com mão-de-obra, dentre outros.

2.5 GESTÃO EMPRESARIAL RURAL

2.5.1 Planejamento Empresarial

Planejamento é uma organização sistêmica que envolve uma série de objetivos a serem realizados dentro de um certo prazo, levando sempre em consideração as limitações e as restrições dos recursos disponíveis. Segundo Neto (2009), planejar “é procurar antever as ações do futuro, de uma forma lógica e organizada, fazendo com que a empresa rural torne seus objetivos mais claros, podendo propiciar uma melhor coordenação de esforços para atingi-los”. (pág. 22)

Para o planejamento empresarial⁵, no caso de empresas rurais, existem alguns fatores como adversidades climáticas, questões ambientais, grande espaço de tempo entre produção e

⁵ Planejamento empresarial é definido segundo Drucker (1962) *apud* Santos, Marion e Segatti (2002) como “um processo contínuo e sistemático de tomada de decisões empresariais, como o melhor conhecimento possível de suas conseqüências futuras, a organização sistemática do esforço necessário para implementar estas decisões e as medidas para comparar os resultados com a expectativa”.

venda, e questões econômicas de oferta e demanda de produtos, que fazem com que seja essencial um entendimento específico de informações agropecuárias. Com este conhecimento, o empresário tem condições de fazer um planejamento a nível estratégico⁶, e assim, realizar um acompanhamento financeiro total da propriedade buscando sempre corrigir as falhas e atingir os resultados desejados (SANTOS et al., 2002).

O planejamento empresarial possui como principais funções: registrar e controlar os custos de operação; buscar maximizar a renda; tornar as empresas mais eficientes, competitivas e rentáveis e; fornecer conhecimento das diferentes opções de atividades e meios de produção de modo a fornecer subsídios para a tomada de decisões. Este planejamento pode ser realizado através da associação dos métodos de cálculos econômicos e de comparações entre empresas. A partir da análise dos resultados dessa associação é possível estabelecer o nível estrutural e organizacional da empresa (HOFFMANN et al. 1987).

Em uma propriedade rural, os cálculos econômicos e a contabilidade de custos são necessários para fazer as análises da atividade pretendida e, ajudam a responder, dentre outras, às seguintes perguntas: Qual a quantidade mínima que se deve produzir e vender para não se ter prejuízo? Qual o produto é mais rentável para estimular a produção? O que, quando e como produzir? É melhor produzir ou comprar no mercado? Com as informações de valores de operações e preços de vendas estabelecidos, podem-se empregar os dados contábeis e econômicos para estabelecer os custos de produção e distribuição, custos unitários e/ou totais, e comparando com outras propriedades (método de comparações), objetiva-se conseguir uma atividade eficiente e lucrativa (BRUNI & FAMÁ, 2003).

⁶ No planejamento estratégico as decisões são de médio à longo prazo e é aonde se estabelece metas, se determina os objetivos da empresa, se estimula fluxos financeiros, se analisa a disponibilidade e exigência de recursos e se gera, avalia e seleciona estratégias.

Hoffmann et al. (1987) citam a importância da elaboração de um plano (indicando metas, meios e instrumentos) que se possa colocar em execução os objetivos previamente estabelecidos no planejamento estratégico inicial. No entanto, esses planos devem passar por um monitoramento constante com o objetivo de proporcionar condições de controle, análise e revisão do funcionamento do sistema em relação aos diversos fatores envolvidos, tais como: áreas de produção, compra e venda de terras e/ou animais, respostas imprevistas do sistema, condições externas entre outras. O planejamento, o controle, a implementação e o monitoramento fazem parte da gestão empresarial e a dinâmica desses processos está apresentada na Figura 2.2 abaixo:

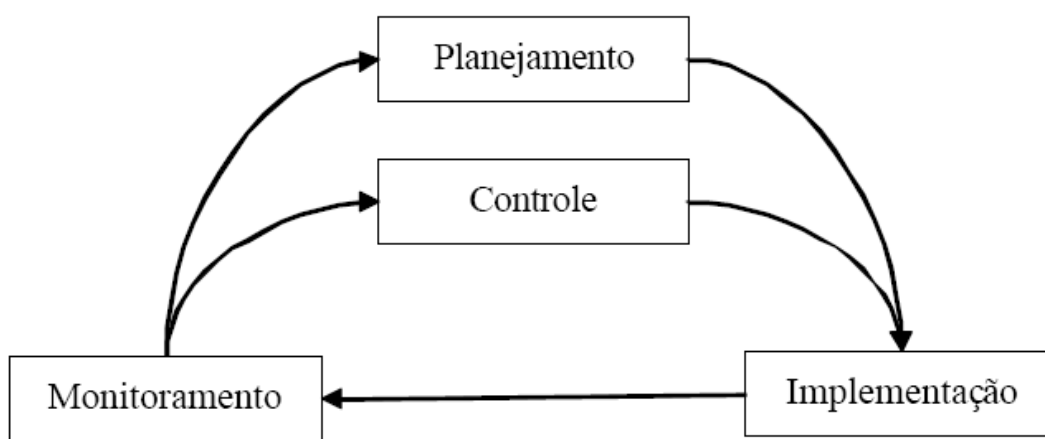


Figura 2.2. Interações entre os processos de planejamento, implementação, monitoramento e controle

Fonte: BARIONI, et al. (2006)

Para que todo o planejamento e suas interações possam ocorrer, na prática, devem-se levar em consideração três fatores principais que poderão limitar ou não a administração e o funcionamento do sistema:

- Viabilidade econômica: relacionado às receitas e custos envolvidos no projeto (este representa o detalhamento de um plano), às condições de financiamento e de pagamento, ao tempo de recuperação do capital empatado, dentre outras;

- Viabilidade técnica: o planejamento deve estar em sintonia com a disponibilidade de recursos como matéria-prima, equipamentos, instalações, de funcionários treinados, de “Know-how” etc.;

- Viabilidade política e institucional: deve-se considerar a aceitabilidade do plano pelos responsáveis por sua execução e pelos que serão direta ou indiretamente atingidos.

No caso desse trabalho, classificado em função do agente que o executa como privado, e que tem como objetivo a maximização do lucro da empresa, terão maior importância os fatores econômicos e técnicos.

2.5.2 Sistema de custos e metodologia de cálculo

A análise de custos de produção de empresas rurais tem assumido importância crescente, pois é a partir da análise que o produtor passa a conhecer os resultados financeiros de sua empresa. Tais ações ajudam o produtor a tomar decisões corretas e a encarar o seu sistema de produção como uma empresa. No entanto é preciso ter conhecimento do tipo de empresa e do ambiente em que ela está inserida (LOPES & CARVALHO, 2002).

Determinar o custo de produção⁷ é uma prática indispensável a qualquer administrador, e com a correta apuração destes custos pode-se: planejar e controlar as operações do sistema;

⁷ De acordo com Neto (2009), custo de produção é a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade.

analisar a rentabilidade da atividade; determinar o preço de venda; diminuir os custos controláveis e identificar o ponto de equilíbrio do sistema de produção (NETO, 2009).

O resultado da análise de custos verifica “se” e “como” os recursos estão sendo empregados, avaliando a rentabilidade da atividade. Para tanto, faz-se a contabilização da empresa, e esta exige o conhecimento de vários termos de importância quando se pretende trabalhar com sistemas de custos⁸. O conceito de alguns termos são (LOPES & CARVALHO, 2002; FERREIRA, 1991):

- Curto prazo: período entre a utilização dos recursos e o resultado final em forma de produto (período de um ciclo produtivo);

- Longo prazo: período composto por mais de dois ciclos produtivos;

- Depreciação: é o reconhecimento contábil da perda de valor de bens tangíveis (de longa durabilidade), decorrentes do desgaste pelo uso, ação da natureza ou pela obsolescência. Em outras palavras, pode-se entender que o valor investido em bens do ativo imobilizado, ao longo da sua vida útil, vão se transformando em despesas, em virtude da perda de seu valor.

- Rentabilidade: grau de êxito econômico de uma empresa em relação ao capital nela investido. Calculado dividindo-se o lucro pelo total imobilizado na atividade.

- Vida útil: representa a durabilidade de determinado objeto. É espaço de tempo entre a entrada em funcionamento de um bem e o seu fim para desmantelamento e/ou reciclagem.

- Lucro: ganho ou benefício que se obtém na exploração de uma atividade econômica. Em outras palavras, diferença entre o preço de venda e o total das quantias gastas na produção de alguma mercadoria.

⁸ Segundo Santos, Marion e Segatti (2002) sistema de custos significa “um conjunto de procedimentos administrativos que registra, de forma sistemática e contínua, a efetiva remuneração dos fatores de produção empregados nos serviços rurais”.

- Gasto: consiste em todo sacrifício financeiro realizado por uma empresa para aquisição de um bem ou serviço com pagamento no ato ou no futuro. Portanto, no momento em que uma empresa adquire um bem ou serviço defronta-se com um gasto;

- Custo: representa os gastos relativos a bens ou serviços utilizados na produção de outros bens ou serviços, ou seja, quando a matéria-prima entra em produção, ela se associa a outros gastos de produção, e essa combinação é denominada custo;

- Despesa: são gastos necessários para a manutenção de uma empresa, como intuito de gerar receitas no exercício. Não é relacionada diretamente na elaboração dos produtos ou serviços prestados. As despesas estão associadas ao momento de seu consumo.

Os custos de produção agropecuários, segundo a CONAB (2007), são obtidos através da multiplicação das variáveis “matriz de coeficientes técnicos” e “vetor de preços” dos fatores. Estes coeficientes técnicos de produção estão relacionados à quantidade de cada item utilizado na produção (por unidade de área e/ou unidade animal). Esses coeficientes podem ser expressos em tonelada, quilograma ou litro (herbicidas, fertilizantes, sementes), arrobas (animal), em horas (máquinas e equipamentos) e em dias de trabalho (humano). Já a variável “vetor de preços”, dos fatores que participam do processo de produção, representa os preços médios efetivamente praticados na região objeto de estudo. Estes preços são coletados nos centros de comercialização, que são compostos por cooperativas agropecuárias, representantes e revendedores de insumos e máquinas agrícolas.

Em trabalhos de custos agropecuários, devido ao período longo entre o início da produção e o processo de comercialização e a grande variação dos preços durante os anos, é importante que se referencie a data em que os cálculos estão sendo feitos, pois assim, pode-se ter uma base para elaboração de análises e comparações. Dados do confinamento bovino utilizados nessa

dissertação foram coletados no ano de 2008 e processados posteriormente por Moreira et al. (2009). Foi utilizada a metodologia adotada pela CONAB e pelo IEA de custo efetivo, ou seja, o custo de produção foi calculado a partir dos preços praticados durante o período do desenvolvimento da atividade, sendo determinado o custo efetivamente incorrido pelo confinador. Este tipo de metodologia serve para controlar e avaliar estudos de rentabilidade e pode servir de base para futuras políticas.

Algumas propriedades desenvolvem mais de uma atividade produtiva (policultura), e alguns recursos de produção são utilizados tanto em uma quanto nas outras culturas. Estes custos são classificados em custos diretos e indiretos. Os diretos são aqueles custos contabilizados “diretamente” (sem rateio) para uma determinada atividade, sendo que independe se a propriedade executa ou não mais de uma atividade produtiva, o importante são os custos serem totalmente apropriados para uma única produção. Por outro lado, os custos indiretos, apropriados por empresas que executam mais de uma atividade produtiva, devem ser calculados lançando mão de algum critério de rateio, pois são custos alocados tanto em uma quanto nas outras atividades da mesma empresa (LOPES & CARVALHO, 2002).

De acordo com Lopes e Carvalho (2002), existem várias formas para se fazer o rateio (divisão de custos) das diversas atividades desenvolvidas na empresa, algumas delas são:

- Dividir a área cultivada pela atividade pela área cultivada total;
- Dividir a receita bruta da atividade pela receita bruta total da propriedade;
- Dividir os custos variáveis da atividade pelos custos variáveis total da propriedade.

Os componentes dos custos agropecuários, descritos na sessão seguinte, estão agrupados nas categorias de custo operacional e custo total, sendo estes compostos por custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos são caracterizados por não depender do volume de produção, ou seja,

da quantidade produzida, tais como depreciação, impostos fixos (ITR, IPVA), seguros e outros. Já os custos variáveis são o contrário, ou seja, dependem da quantidade produzida. Em outras palavras, são aqueles que somente ocorrem se houver produção. Encaixa nesses custos a mão-de-obra, despesas com alimentação do rebanho, reprodução, despesas com insumos, despesas de pós-colheita e despesas gerais (CONAB, 2007; LOPES & CARVALHO, 2002).

O custo operacional se refere a todos os recursos diretamente associados à implementação da produção. Incluem os itens de despesas diretas (custos variáveis) e depreciações (custo fixo). É uma categoria de custo que visa conhecer o resultado da produção a curto e a médio prazo. Já o custo total é utilizado mais em estudos que analisam a situação da empresa no futuro, ou seja, é uma metodologia de cálculo de custo que visa o longo prazo. São considerados aqui os custos com remuneração sobre o capital investido, remuneração da terra e remuneração do empresário (pró-labore) (CONAB, 2007).

2.5.3 Descrição dos itens que compõem o custo de produção agropecuário

Considerando os critérios de organização acima descritos, os principais elementos do custo de produção agropecuário estão apresentados nos sub-itens a seguir:

2.5.3.1 Aquisição de animais

São custos de empresas que trabalham com a atividade pecuária, seja no sistema produtivo de cria, recria ou engorda.

2.5.3.2 Operações com animais

Representam os gastos com todos os tipos de alimentação para os animais (alimentos volumosos, concentrados, suplementos e minerais), gastos com saúde animal (antibióticos,

antiinflamatórios, vermífugos, vacinas, anestésicos entre outros), gastos com reprodução animal (nitrogênio líquido, aplicador, bainha, touro reprodutor, teste andrológico, etc.), compras de brincos de identificação, ferraduras, celas e outras despesas.

2.5.3.3 Operações com máquinas e aluguéis de máquinas

Os cálculos destes custos contemplam o somatório das despesas com operações mecanizadas, com máquinas próprias ou alugadas, no trato dos animais, no preparo do solo, no plantio e adubação, na colheita e no transporte.

2.5.3.4 Mão-de-obra temporária e permanente

Neste item é contabilizada a remuneração de todos os funcionários, incluindo profissionais especializados (agronômica, contábil, veterinária, zootécnica), caseiros, tratoristas, arraçoadores, operadores de máquinas, gerentes e mão-de-obra eventual. Os trabalhadores temporários são pagos por dia de serviço, enquanto os permanentes são pagos mensalmente, sendo incluído nestes o adicional de encargos sociais (férias, décimo terceiro salário, INSS e FGTS).

2.5.3.5 Despesas administrativas

Neste item são contabilizadas as despesas com materiais de escritório (internet, telefone, impressora, agenda, grampeador, copo plástico, calculadora, caneta e outros) e de limpeza (desinfetante, detergente, sabonete, lixeira, saco de lixo, vassoura e outros), honorários diretoria, energia elétrica etc.

2.5.3.6 Insumos

São despesas referentes à aquisição de fertilizantes, sementes e agrotóxicos. Estes itens são os recursos utilizados pelo agricultor para produzir.

2.5.3.7 Transporte externo

Este componente está relacionado às despesas realizadas com transporte dos produtos da propriedade rural até o próximo destino. Em se tratando de atividade agrícola, o destino é a agroindústria de pré-beneficiamento (limpeza e secagem) e armazenamento. Quando se refere à atividade pecuária, o destino pode ser outras fazendas para continuidade da atividade ou indústrias frigoríficas para abate dos animais.

2.5.3.8 Recepção, limpeza, secagem e armazenamento

São considerados aqui os gastos de pré-comercialização e de outras etapas necessárias à comercialização do produto.

2.5.3.9 Juros sobre o capital de giro

São computados neste item os juros incidentes sobre os recursos utilizados no custeio da atividade agropecuária, considerados os juros a partir das respectivas épocas de utilização dos recursos. Existem várias possibilidades de taxas a serem utilizadas, sendo mais comum a taxa real de juros paga pela cardeneta de poupança ou a taxa de alguma aplicação de renda fixa.

2.5.3.10 Impostos, taxas e seguros

Devem ser contabilizados todos os impostos e taxas referentes ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, incluindo impostos e taxas federais, estaduais e/ou municipais. São cobranças que independem da quantidade produzida, como o IPVA (Imposto de Propriedade de

Veículos Automotores) e o ITR (territorial rural), e cobranças que dependem da quantidade produzida como é o caso do ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e prestação de serviços de transporte interestadual). O prêmio pago aos seguros dos itens do capital fixo também devem ser computados.

2.5.3.11 Depreciações

Pode ser entendida como sendo o custo decorrente do desgaste ou da obsolescência dos ativos imobilizados (máquinas, veículos, móveis, equipamentos, imóveis e instalações) de uma empresa. Em outras palavras, representa a reserva em dinheiro que a empresa faz durante o período de vida útil estipulado de um bem, objetivando sua posterior substituição.

Um dos métodos mais utilizados para se calcular a depreciação de um bem é pelo método linear (HOFFMANN et al., 1987), que consiste na desvalorização do bem de forma constante.

$$\text{Depreciação} = \frac{V_i - V_f}{n}, \quad \text{onde:}$$

V_i = valor inicial do bem. Valor pelo qual foi adquirido ou valor atual.

V_f = valor final ou valor de sucata do bem.

n = vida útil do bem.

2.5.3.12 Manutenções

São gastos referentes às manutenções de máquinas, instalações, benfeitorias e implementos com o objetivo de conservar e garantir uma melhor utilização dos mesmos.

2.5.3.13 Remuneração sobre o capital investido/fixo

Refere-se à remuneração que o empresário ganharia caso o montante de capital fixo empatado na produção agropecuária estivesse aplicado em outra forma de investimento. Pode-se

utilizar a remuneração paga pela cardeneta de poupança como equivalente ao custo de oportunidade do capital fixo empatado no processo de produção.

2.5.3.14 Remuneração da terra

Existem várias maneiras de se calcular a remuneração da terra, uma delas é pelo valor do arrendamento da terra onde está localizada a propriedade.

2.5.3.15 Remuneração do empresário

O empresário rural que exercer atividade operacional ou de gerenciamento do sistema de produção deve ser remunerado. O valor deve ser proporcional ao seu trabalho desempenhado. Uma forma de calcular é a seguinte: se o produtor atuasse como gerente ou como operador de outra propriedade, quanto ele receberia pelo cargo? Esse valor deve ser computado no custo de produção como despesa referente à remuneração do empresário, também chamada de pró-labore.

2.5.4 Receitas e análise econômica

Receitas são entradas de valores monetários no ativo, sob a forma de bens (dinheiro) ou direitos a receber, provenientes da atividade fim ou não, correspondentes, à venda de mercadorias, de produtos ou prestação de serviços. O cálculo é feito multiplicando-se o preço de mercado dos produtos ou sub-produtos pela quantidade produzida. As receitas agropecuárias são provenientes da venda dos produtos agrícolas *in natura*, dos produtos beneficiados e dos sub-produtos do beneficiamento, além da venda dos animais e do esterco em propriedades que desenvolvem atividades pecuárias.

É essencial fazer a análise econômica de uma atividade, pois é um forte subsídio para a tomada de decisão na empresa rural. A utilização de indicadores de eficiência econômica⁹ como ferramentas de análise de viabilidade econômica de propriedades rurais são primordiais para determinar o rendimento da empresa. Os resultados econômicos são obtidos deduzindo-se da receita bruta os custos: pode-se ter resultados sobre o tempo de viabilidade econômica da atividade, dependendo do tipo de custo utilizado, por exemplo: se deduzir da receita bruta o custo operacional, terá como resultado um valor que mostra a situação da empresa no curto e médio prazo, mas se subtrair a receita bruta do custo total aparecerá a situação econômica a longo prazo (LOPES & CARVALHO, 2002).

2.6 PESQUISA OPERACIONAL

Diversos conceitos têm sido desenvolvidos sobre as propriedades e o comportamento de sistemas. Nesse sentido, tem-se justificado a necessidade da utilização da pesquisa operacional com modelagem matemática para explicá-los. Esse capítulo discorrerá sobre a técnica de pesquisa operacional, irá abordar os principais aspectos da teoria de sistemas, e apresentará alguns modelos utilizados na agropecuária. Essa discussão objetiva fundamentar o desenvolvimento de um modelo de otimização proposto neste trabalho através da conceitualização de um sistema integrado de produção agropecuária.

O termo “Pesquisa Operacional” surgiu poucos anos antes da Segunda Guerra Mundial por grupos interdisciplinares de cientistas que pretendiam resolver problemas estratégicos e táticos de operações militares, tais como manutenção e inspeção de aviões, escolha do tipo de avião para uma missão e controle de artilharia antiaérea. Com o sucesso da técnica e com o

⁹ Ver detalhes em Lopes e Carvalho (2002).

desenvolvimento dos computadores, começaram a usá-la em diversas áreas de produção e logística, incluindo indústrias de alimentação, automóveis, metalúrgicas, mineração, telecomunicações, organizações de serviço, além da agropecuária. O objetivo era determinar a melhor forma de utilização de recursos escassos e desenvolver operações otimizadas de empresas

Arenales et al. (2007) se basearam em diversos autores para definir pesquisa operacional. Alguns dizem que pesquisa operacional significa abordagem científica para tomada de decisões, que busca a melhor maneira de projetar e operar um sistema, geralmente sob condições que exigem alocação de recursos escassos. A pesquisa operacional pode ser definida como uma abordagem científica para a solução de problemas no gerenciamento de sistemas complexos ou, simplesmente, uma ferramenta para análise de decisões.

2.6.1 Abordagem sistêmica e modelos matemáticos

A pesquisa operacional é muito conhecida no campo das engenharias, ciências de administração, economia, estatística, ciências de computação e matemática. Essa técnica de pesquisa propõe, em muitos casos, a integração dessas áreas, e essa visão multidisciplinar da pesquisa operacional e da análise das situações deu origem a um novo enfoque: “O Enfoque Sistêmico”.¹⁰

O pensamento baseado em sistemas está presente em uma ampla gama de campos, desde empresas industriais até tópicos em ciências puras (física, biologia, psicologia). A abordagem sistêmica tornou-se necessária devido ao sistema mecanicista (séries causais isoláveis e do tratamento por partes) ter se mostrado ineficiente para resolver os problemas teóricos e práticos

¹⁰ Para uma apresentação sobre esse tema, ver Bertalanffy em Teoria Geral dos Sistemas. Esse autor define sistema como conjunto de elementos em interação.

da moderna tecnologia. Em sistemas complexos, o simples conhecimento dos componentes *per se* se mostram insuficientes para entender os efeitos gerais da estrutura, sendo necessário o entendimento da interação entre os componentes e as áreas científicas envolvidas. Os princípios básicos do enfoque sistêmico são: a totalidade, a interação dinâmica entre as partes, e a organização (BERTALANFFY, 1975).

Laszlo (1932) trabalhou com o termo “holístico” para explicar o sistema. E essa visão nada mais é que o pensamento “do todo”, uma visão sistêmica do mundo aonde existem interações das propriedades. Já Barioni (2002) definiu sistemas como estruturas autônomas e complexas, que apresentam limites definidos determinados pela interação entre seus componentes e entre estímulos externos. Essa complexidade é determinada de acordo com o nível estrutural e organizacional em que o modelo se encontra e os limites servem para delimitar as variáveis de entrada e saída que compõe o determinado modelo.

A agropecuária, que utiliza vários campos do conhecimento, deve ser entendida como um sistema. A propriedade rural possui componentes característicos como solo, plantas e animais, que formam uma organização sistêmica onde há uma interação entre fatores endógenos (solo-planta; planta-animal; animal-solo) e fatores exógenos (variáveis meteorológicas; dependência do mercado).

O estudo desses fatores integrados de produção agropecuária enfoca a interdisciplinaridade dentro do campo da ciência animal. Há sempre vários outros processos que devem ser considerados, como os domínios econômicos, aonde as receitas geradas pelos produtos biológicos da agropecuária são monetárias, portanto, dependem do mercado. Fica claro que a produção eficiente é dependente de diversos fatores além dos de natureza biológica (psicologia, genética, sociologia, matemática e economia). Quando se trabalha com sistemas complexos, é

conveniente separar partes do sistema e dividir os problemas em subsistemas menos complexos. Isto tornará mais fácil o desenvolvimento (JOANDET & CARTWRIGHT, 1975).

Os sistemas integrados de produção agrícola e animal são muito desenvolvidos em fazendas Asiáticas, principalmente naquelas de menor escala de produção. O consumo de carne e leite de bovinos e ovinos está crescendo na Ásia e, 95% desses animais são encontrados em propriedades que utilizam sistemas integrados de produção (DEVENDRA, 2002). De acordo com Devendra e Thomas (2002) esse modelo de sistema, caracterizado por utilizar insumos de uma atividade para suprir as necessidades de outra da mesma empresa, tem contribuído para o crescimento da produção, geração de renda, e sustentabilidade das culturas anuais e perenes dessas regiões.

Vários são os benefícios da integração desses sistemas agropecuários, dentre os quais podemos citar: o uso de animais como tração para preparação do solo e para práticas de conservação da terra; o aproveitamento do adubo orgânico para manter e melhorar a fertilidade da terra, podendo ser aplicado diretamente no solo e/ou então na água utilizada para produzir vegetais que serão fornecidos para animais não-ruminantes; a venda de produtos animais (carne, leite, queijo, couro) e o aluguel dos animais de tração garantem capital que podem ser utilizados na compra de fertilizantes e herbicidas para a produção agrícola; a produção agrícola gera uma grande quantidade de resíduos que podem ser utilizados na alimentação animal (DEVENDRA & THOMAS, 2002).

Como exemplo de um sistema de integração agropecuário, Devendra & Thomas (2002) relataram um estudo realizado nas Filipinas aonde bovinos de corte foram engordados em períodos variando entre 5 e 7 meses utilizando basicamente polpa de abacaxi como principal fonte de fibra. Foram fornecidos para cada animal 17 kg de polpa de abacaxi, 4 kg de

concentrado (casca de arroz, farinha de mandioca e farelo de soja) e minerais. Os animais ganharam 1 kg/dia de peso bruto, alcançando na época de abate 400 kg de peso vivo. Os esterco produzidos pelos animais foram depositados no solo para nova produção de abacaxi. Dessa forma o empresário rural utilizou recursos de uma atividade em outra e assim conseguiu aumentar sua lucratividade.

O modelo diagramático da Figura 2.3 apresenta as principais variáveis endógenas e exógenas, além dos processos e saídas de um sistema complexo de integração entre agricultura e pecuária. Esse modelo possui como componentes o solo, os cultivos e pastagem e os animais. Os limites desse sistema definem as variáveis de entrada (ex: produtos veterinários, irrigação, calagem e adubação, compras de animais, temperatura média e utilização de alimentos suplementares) e as variáveis de saída (ex: produtos de origem animal, grãos, forragem conservada, adubo orgânico). A produção de carne é o resultado final da interação entre as variáveis de entrada e as propriedades emergentes do sistema, que são pastejo ou consumo de forragem, pisoteio e capacidade de suporte do solo (VELOSO et al., 2003).

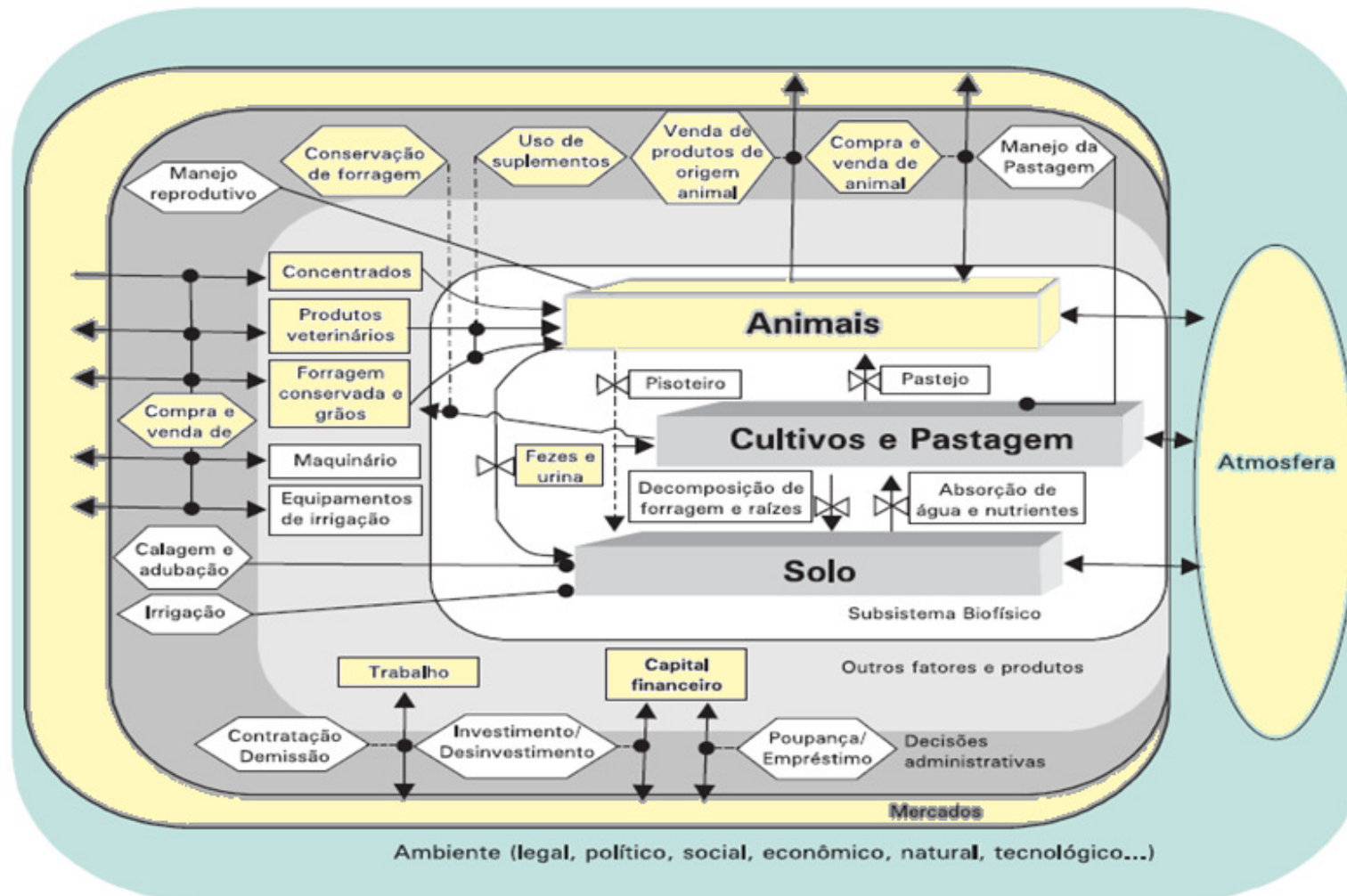


Figura 2.3. Principais variáveis endógenas, exógenas, processos e saídas de um sistema de integração entre agricultura e pecuária

Fonte: Adaptado de Veloso et al. (2003).

O sistema real da Figura 2.3 é complexo, com um número elevado de variáveis e interações. No entanto, o comportamento de todo o sistema é influenciado por uma quantidade reduzida e controlável de variáveis principais. É nesse sentido que, baseado nas interações marcadas de amarelo claro na Figura 2.3, foi feito um modelo mais simplificado identificando as principais interações capazes de serem modeladas. Este modelo está apresentado na Figura 2.4 a seguir.

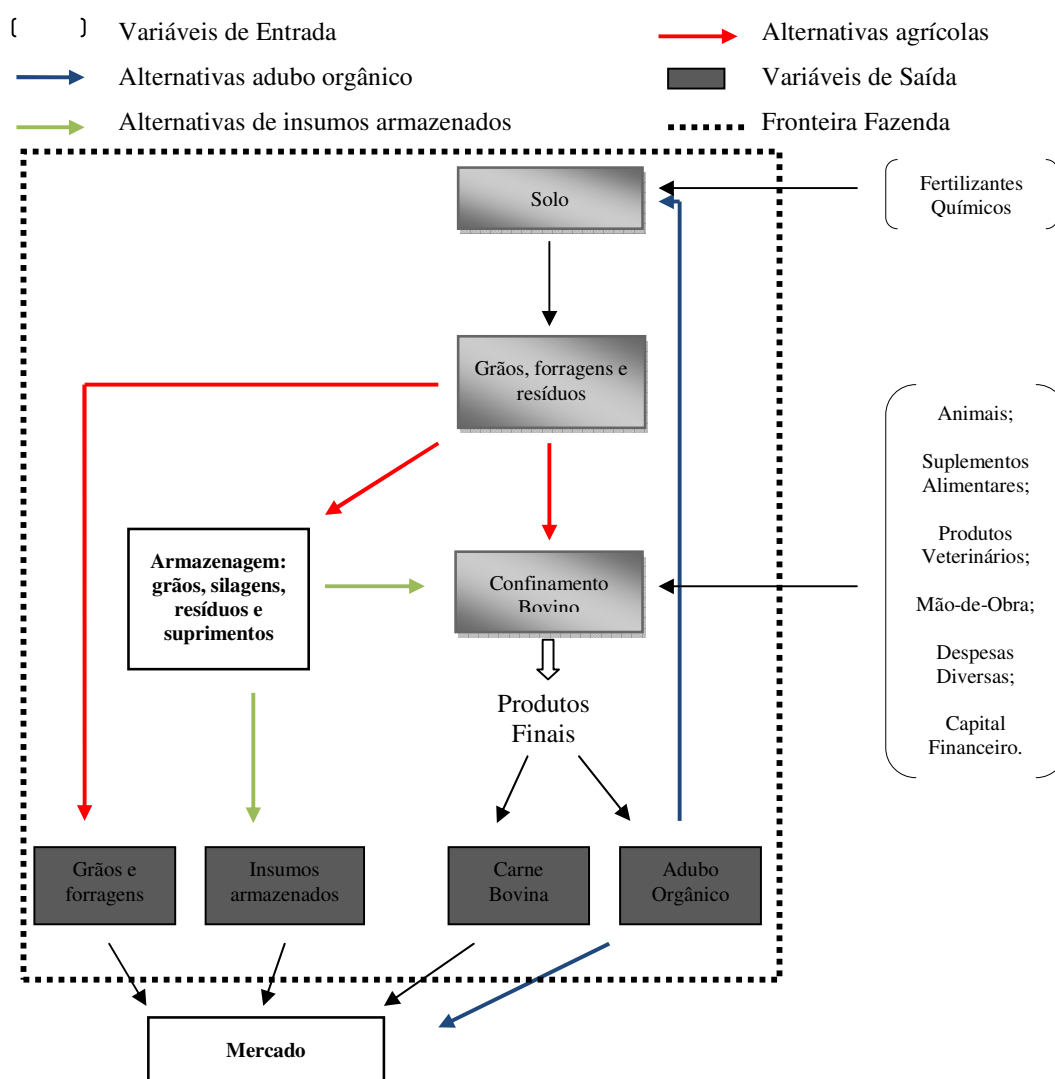


Figura 2.4. Modelo simplificado de um sistema integrado de confinamento bovino, produção agrícola e comercialização
 Fonte: elaborada pelo autor

A Pesquisa Operacional possui como uma de suas características a utilização de modelos¹¹. Esses modelos podem ser usados em várias situações estratégicas como, por exemplo, para avaliar a eficiência de produção de um sistema frente ao seu real potencial, para aprimorar um sistema já existente, para permitir que uma situação possa ser testada antes de ser colocada em prática, bem como para determinar e mensurar o impacto de diferentes estratégias de alocação de recursos sobre os resultados produtivos e econômicos. Além de auxiliar nestes processos, a utilização de modelos permite entender a dinâmica que ocorre em um sistema e as interações entre seus componentes. Com isso, os modelos auxiliam na identificação de áreas carentes de informação e/ou pesquisa, e assim, podem ajudar na melhoria e evolução destas áreas (MEDEIROS, 2003).

Como afirma Arenales et al. (2007) todos os modelos são abstrações, e o segredo para uma efetiva modelagem está no equilíbrio entre o realismo e a abstração na reprodução do sistema. Não existe um modelo certo ou errado e nem um modelo universal que fornece uma solução para todos os problemas, existe sim modelos com diversos graus de aplicação para determinadas circunstâncias, isto é, os modelos devem ser construídos e enquadrados às várias situações particulares. Portanto, os usuários devem escolher aqueles que melhor resolvam suas necessidades específicas.

A modelagem matemática é caracterizada por construir modelos simplificados de sistemas reais a partir da integração de equipes multidisciplinares com o intuito de sintetizar, apresentar e analisar os diversos aspectos produtivos. Devido à complexidade das interações envolvidas no

¹¹ Andrade (1998) definiu modelo como uma representação simplificada de um sistema e Arenales et al. (2007) definiram como objeto abstrato, que procura imitar as principais características de um objeto real para fins de representar esse objeto.

processo produtivo, pode-se considerar a elaboração de modelos um processo lento e que geralmente contém bancos de dados de várias áreas, sendo isto de fundamental importância para que modelos realísticos possam ser desenvolvidos (BERNARDES, 2000).

A Figura 2.5 representa de forma simplificada um processo de modelagem aonde as inúmeras variáveis do modelo que, a princípio dificultam o processo de modelagem, são influenciadas por uma quantidade pequena de variáveis principais. Sendo estas responsáveis pela estrutura simplificada e funcional do sistema (ANDRADE, 1998).

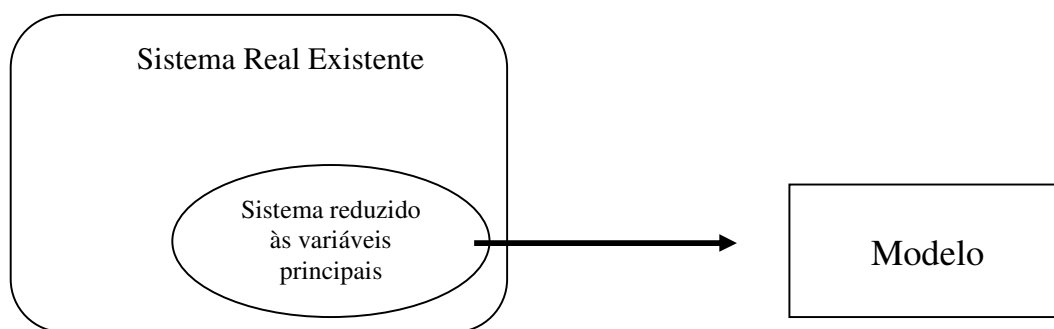


Figura 2.5. Representação simplificada do processo de modelagem

Fonte: adaptado de Andrade (1998) pag. 8.

Os modelos são uma simplificação da realidade e devem possuir uma quantidade suficiente de detalhes de maneira que os resultados atinjam seus objetivos, sejam consistentes com os dados disponíveis e seja modelado, interpretado e concluído no tempo disponibilizado. Em outras palavras, cabe ao formulador a reprodução fiel das variáveis e a correta definição da função que as mesmas assumem dentro dos sistemas.

Deve-se sempre obedecer a norma GINGO (“Garbage in, Garbage out”), que se caracteriza por relacionar a interpretação das saídas com os dados de entrada, ou seja, os resultados do modelo devem representar os dados de entrada e os parâmetros utilizados, além do conhecimento e experiência existentes sobre o sistema modelado (CAIXETA FILHO, 2000).

Os modelos podem ser classificados em físicos – representam uma visão em menor escala de um objeto ou sistema original (exemplo: miniaturas de modelos de aeronaves e casas utilizadas por engenheiros), análogos ou teóricos – descrevem o sistema através de representações gráficas (exemplo: mapas rodoviários), e matemáticos – representam do funcionamento de um sistema através de equações, inequações, algoritmos e funções matemáticas. Os modelos matemáticos são maneiras eficientes de processar dados em um sistema e transformá-los em informações úteis para tomada de decisões. Essa forma de modelo possui a característica de apresentar resultados de diferentes alternativas e identificar estratégias otimizantes (LACHTERMACHER, 2007).

Os modelos matemáticos podem ser classificados também quanto ao tipo de equações que o constituem (lineares e não lineares); ao grau de explicação que estimam ou descrevem (empíricos e mecanistas); à forma com que tratam as mudanças ocorridas em relação ao tempo físico (dinâmicos e estáticos) e; ao nível de incerteza existente entre suas variáveis e parâmetros (probabilísticos e deterministas) (CAIXETA FILHO, 2000).

Segundo Lachtermacher (2007), modelos empíricos podem também serem chamados de “Caixa Preta”. É uma maneira simples de representar um modelo matemático porque procura estimar a resposta com base nas informações de entrada sem explicar o funcionamento de tal interação. Além do mais, o modelo utiliza apenas variáveis de decisão (explicativas), parâmetros, medidas de performance e conseqüências. O fator relevante desse modelo é que ele serve como instrumento importante na organização inicial do modelo, identificando as variáveis e ajudando no entendimento da complexidade do sistema. A Figura 2.6 mostra como esse modelo é representado: do lado esquerdo da “Caixa Preta” encontram-se as variáveis e os parâmetros de

entrada, os quais irão ser trabalhados para então chegar ao resultado final, que está representado no lado direito (de saída) da caixa.

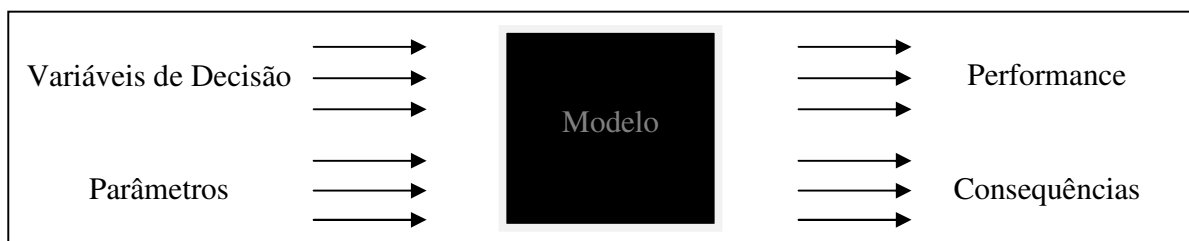


Figura 2.6. Representação do modelo "Caixa Preta"

Fonte: Adaptado de Lachtermacher (2007) pag.4.

Os modelos mecanistas analisam e explicam as mudanças que ocorrem no sistema em resposta às alterações nas variáveis, nas equações, nas inequações e nas interações entre os elementos. Sendo, portanto, caracterizados como modelos baseados em relações de causa e efeito. Os modelos dinâmicos são caracterizados por incluírem o tempo físico entre suas variáveis, aonde todo o processo ocorre em função desta variável. Já os estáticos não consideram a variável tempo na elaboração do modelo. Por fim, os modelos estocásticos levam em consideração o risco e/ou a probabilidade na tomada de decisão, enquanto os modelos determinísticos não incluem variáveis aleatórias e nem incorporam o risco em suas variáveis de decisão¹². Essas classificações tem a finalidade de organizar os objetivos dos modelos e atender da melhor maneira as necessidades dos usuários (MEDEIROS, 2003).

Os modelos matemáticos podem também ser divididos em dois grandes tipos (ANDRADE, 1998):

¹² Ver detalhes das diversas classificações de modelos matemáticos em Caixeta Filho (2000); Fialho (1999) e Medeiros (2003)

- Modelos de simulação: permite a construção e análise de alternativas antes da real implementação de qualquer uma delas. Fornece um certo grau de flexibilidade em relação à escolha da opção mais adequada;

- Modelos de otimização: nesse caso, o analista deve encontrar a melhor alternativa através de uma análise matemática, ou seja, deve-se escolher apenas uma única alternativa que será denominada “ótima”. Portanto, diferentemente do anterior, esse modelo não permite flexibilidade de escolha de alternativa.

Em propriedades que produzem grãos e criam animais, os modelos matemáticos são capazes de considerar questões como épocas de demanda por terra e forragem; formulação de ração de custo mínimo aos animais com a utilização de grãos e resíduos; utilização ou não do esterco na lavoura; época mais adequada para comercialização dos animais e dos grãos; taxas de lotação de pastagem, entre outros.

Para otimizar estes tipos de atividades, é essencial que se faça, simultaneamente, uma análise e uma avaliação do potencial produtivo e econômico do sistema com os recursos produtivos disponíveis. De acordo com Veloso et al. (2003) a determinação de estratégias otimizadas exigem três questões: 1) monitoramento do sistema e obtenção de dados confiáveis para alimentar o modelo; 2) aplicação de modelo matemático capaz de gerar aproximação ao desempenho do sistema de produção real em relação às variáveis de decisão e ao ambiente, com dados simples e acurados e 3) algoritmo capaz de encontrar soluções aproximadas para o ótimo do sistema na função objetivo de interesse.

Os procedimentos para a construção de um modelo de otimização estão enumerados abaixo (adaptado de ANDRADE, 1998):

1 – Definição do problema;

- 2 – Identificação das variáveis relevantes;
- 3 – Formulação da função-objetivo;
- 4 – Formulação das restrições;
- 5 – Escolha e aplicação do método matemático de solução;
- 6 – Avaliação da solução e validação do modelo;
- 7 – Implementação da solução.

A fase 1 define o escopo do problema em estudo. As fases 2, 3 e 4 representam a construção do modelo e traduz a fase 1 em formas matemáticas. A fase 5 utiliza métodos de solução conhecidos, como pacotes computacionais ou ferramentas de programação, para resolver o modelo das fases 2, 3 e 4. A fase 6 avalia o resultado e verifica se o modelo apresentado condiz com a proposta inicial. O objetivo dessa validação é garantir um nível de confiança aceitável a partir do desempenho do modelo na capacidade de se mostrar aplicável a sistemas reais. Por fim, a fase 7 fica responsável por implementar a solução na prática, transformando os resultados do modelo em decisões.

Considerando-se a complexidade dos sistemas agropecuários, o processo de gestão se torna imprescindível e a pesquisa operacional é uma ferramenta quantitativa que pode servir de auxílio à gestão empresarial através da tomada de decisão¹³. A ação gerencial deve ser desenvolvida em relação ao todo porque o resultado final será determinado pelas relações entre as partes envolvidas, tanto internas como externas. O início do processo de decisão empresarial está representado na Figura 2.7. A partir do momento que surgem sintomas indesejáveis no “grupo”,

¹³ O conceito de decisão como processo gerencial é definido por Andrade (1998) como “um curso de ação escolhido pela pessoa ou empresa, como o meio mais efetivo à sua disposição para alcançar os objetivos procurados”

ou seja, que alguma coisa está saindo do estado normal deve-se procurar identificar o problema e, de maneira planejada, tomar uma decisão.

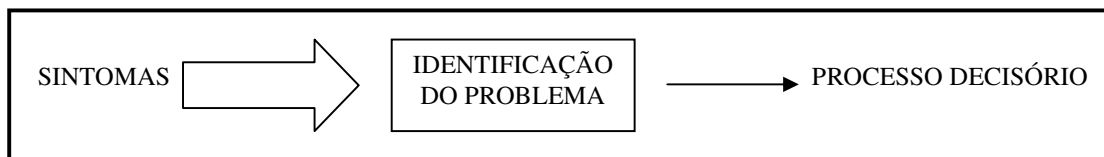


Figura 2.7. Início do processo de decisão empresarial

Fonte: Andrade (1998) pag. 2.

Os gerentes, quando se deparam com alguma situação decisória na qual deve-se escolher uma alternativa dentre várias, devem recorrer a duas estratégias (em conjunto) para resolver o problema; a primeira consiste em utilizar sua intuição gerencial, a criatividade e a experiência, e a outra é utilizar métodos quantitativos baseados em procedimentos científicos, como por exemplo, processos de modelagens, elaborando diversas simulações dos mais variados cenários possíveis de maneira a identificar e entender mais profundamente o problema (LACHTERMACHER, 2007).

Dada a contínua e rápida transformação do complexo ambiente em que os administradores operam, não se deve confiar em procedimentos baseados tão somente no intuito humano como acontecia no passado. É nesse contexto que se insere o desenvolvimento e utilização de ferramentas computacionais capazes de incorporar e cruzar informações, modelos matemáticos e conhecimento de especialistas no sentido de dar subsídio ao processo de tomada de decisão dos administradores. No entanto, esse processo é influenciado por vários fatores (LACHTERMACHER, 2007):

- Tempo disponível para a tomada de decisão;
- Riscos e Incertezas;

- Relevância do assunto;
- Conflito de interesses;
- Experiência humana;
- Número de decisores;
- Qualidade das informações disponíveis.

Diante do exposto até aqui, essa sessão é concluída com o conceito de “Pesquisa Operacional” baseado no enfoque clássico: “arte de aplicar técnicas de modelagem a problemas de decisão e resolver os modelos obtidos através da utilização de métodos matemáticos, visando à obtenção de uma solução ótima, sob uma abordagem sistêmica” (ANDRADE, 1988).

2.6.2 Programação linear e modelagem na agropecuária

Uma das técnicas mais utilizadas para resolver problemas em Pesquisa Operacional é a utilização de modelos de programação linear, também chamados de otimização linear. Esses modelos têm sido amplamente utilizados devido à sua versatilidade e ao fato de usar ferramentas matemáticas relativamente simples, como a análise e resolução de sistemas de equações lineares. Segundo Arenales et al. (2007) resolver um problema de otimização “consiste em determinar uma solução ótima, isto é, determinar uma solução que satisfaça todas as restrições do problema e que atribua o melhor valor à função objetivo” (pág. 52).

Lachtermacher (2007) ressalta que nas resoluções de problemas de programação linear alguns pressupostos devem ser assumidos:

- Proporcionalidade: O resultado da função objetivo deve ser diretamente proporcional às atividades de cada variável de decisão;

- Aditividade: As variáveis de decisão são entidades independentes, e a contribuição total de todas as variáveis é igual à soma das contribuições individuais, independentemente dos valores das variáveis;

- Divisibilidade: Assume que qualquer variável de decisão pode ter qualquer valor fracionário;

- Certeza: Pressupõe que os parâmetros do modelo são constantes conhecidas.

Além da consideração desses pressupostos, modelos matemáticos de programação linear devem respeitar algumas condições essenciais que Caixeta Filho (2000) enumerou abaixo:

- 1) O objetivo do problema deve ser único e visa otimizar (maximizar ou minimizar) a solução;
- 2) A função objetivo deve ser especificada e deve conter todas as alternativas disponíveis, chamadas de variáveis de decisão;
- 3) Todas as variáveis devem estar sujeitas a restrições e limites.

Na agropecuária são muitos os trabalhos que fazem uso de modelos matemáticos, principalmente modelos de programação linear. Com intuito de enfatizar a importância dessa ferramenta e sua aplicabilidade nos sistemas agropecuários, algumas experiências são abordadas a seguir.

Um dos modelos mais usados são os “problemas de mistura”, que consistem em juntar insumos já existentes (da natureza ou de restos de outros combinados anteriormente) para formar novos produtos com características desejadas. Como exemplo pode-se citar os modelos de formulação de ração para animais. Essas rações são produzidas através da mistura de vários insumos e/ou sub-produtos: milho, sorgo, resíduo de soja, farelo de trigo, sal mineral, farelo de arroz e de algodão, caroço de algodão entre muitos outros (ARENALES et al., 2007).

Nesses modelos de nutrição animal, os preços de mercado e a composição nutricional dos alimentos (quantidade de umidade, matéria seca, proteína, estrato etéreo, cálcio, ferro etc.) são conhecidos. Um problema de otimização aparece, nestes tipos de modelos, para determinar quais as quantidades de cada insumo e/ou sub-produto devem ser utilizadas, de modo que o custo total da ração seja o menor possível e que a ração satisfaça as exigências nutricionais de cada espécie animal.

Oliveira (2007), seguindo a linha de modelos de nutrição animal, elaborou um estudo que teve como objetivo o planejamento e a otimização econômica da produção de forragem e da alimentação de equinos, buscando minimizar os custos do sistema utilizado na produção de equinos do Exército Brasileiro, localizada no Rio Grande do Sul. Foi desenvolvido um modelo de programação linear multiperiférico, durante um período de um ano, com o objetivo de minimizar as despesas com alimentação dos equinos. O problema de minimização esteve sujeito a restrições relacionadas às exigências nutricionais de cada categoria animal (potro, garanhão, matriz etc.).

Foram coletadas informações locais sobre as condições climáticas e a sazonalidade de produção e foi pesquisado na literatura a produtividade dos cultivos forrageiros e valores nutricionais dos alimentos. O modelo foi implementado utilizando-se planilha eletrônica e resolvido por meio do Microsoft Excel Solver. O autor concluiu que a programação linear serviu como uma ferramenta eficiente para otimização do uso de recursos forrageiros. Os resultados foram satisfatórios, reduzindo o custo do sistema de produção de forragem e custos da alimentação dos equinos sem haver perda nutricional para os animais.

Medeiros e Pedreira (2007) realizaram um trabalho que objetivou desenvolver e analisar a utilização de um modelo de programação linear para ajudar na escolha da melhor opção de investimento para maximizar a receita de uma fazenda no semi-árido brasileiro. Primeiramente os

autores formularam uma função objetivo baseada no somatório da receita obtida em cada atividade que eram, no caso, caprinocultura, bovinocultura de corte, cultivo de palma forrageira e aluguel da propriedade. Os resultados indicaram que a melhor alternativa era o cultivo de 18 hectares com forragem para criar 18 bovinos de corte, 30 hectares com forrageira palma e aluguel de 52 hectares. Segundo os autores, esse modelo poderá ser utilizado para definir estratégias de investimentos em empresas rurais.

Já Brennan and Hoffman (1989) utilizaram a técnica de programação linear para desenvolver um modelo de otimização em uma propriedade rural que trabalhava com sistema de confinamento bovino. O modelo foi utilizado para identificar um sistema ótimo de alimentação e para ajudar em outras estratégias de gerenciamento (tomar decisões quanto ao tipo de cultura a ser produzida, quanto destas culturas deveriam ser utilizadas no confinamento e quanto deveriam ser vendidas; número de animais a serem confinados; tipos de animais etc...) com a finalidade de contribuir para uma produção eficiente de gado de corte em confinamento.

Após a identificação das variáveis principais, da elaboração da função objetivo e das restrições o modelo foi processado e resultou em uma produção de 14 hectares de milho, sendo toda a colheita feita para silagem de milho e, 101 hectares para a produção de soja. Nas estratégias comerciais, toda a silagem foi utilizada na alimentação dos animais e toda a soja foi vendida. Para suprir as necessidades de manutenção e engorda dos animais foi necessário comprar milho grão e suplemento protéico. A quantidade “ótima” de animais foi de 122 cabeças, divididas em dois ciclos de 66 animais. O autor relatou que o resultado desse modelo de otimização demonstrou claramente a significativa dinâmica das interações entre os vários componentes do sistema de produção em confinamento e a taxa de lucro e ressalta a importância da integração das atividades de gado com culturas e suas alternativas de comercialização.

Outro modelo conhecido na literatura é o que se baseia em programação linear multiperíodo. Segundo Prado (2003) *apud* Moreira et al. (2005), esses modelos multiperíodos consideram o planejamento ao longo do tempo, otimizando cada etapa de atividades para alcançar o “ótimo” ao final do período estipulado. Inúmeros trabalhos utilizam modelos desta categoria para os mais variados fins, já que grande parte dos problemas pode envolver a programação linear no tempo.

Frente ao cenário exposto, Moreira et al. (2005), através da técnica de programação linear multiperíodo e determinístico, elaboraram um modelo para auxiliar o empresário rural no planejamento, organização e decisão da melhor época de comercialização e armazenagem de dois produtos (milho e café) dentro de uma mesma propriedade. O objetivo era maximizar a receita da fazenda com a venda desses produtos seguindo suas expectativas de preços no período de um ano. O modelo teve como base uma propriedade agrícola localizada no interior de São Paulo, e de acordo com os autores, o modelo proposto se mostrou uma importante ferramenta para o planejamento da empresa, pois o produtor deixou de ter prejuízo para obter um lucro considerável. Este resultado se deu pelo uso estratégico de armazenagem, que possibilitou ao produtor vender parte de seus produtos na época de entressafra (preços altos) e se proteger frente aos preços baixos pagos na safra.

Outro tipo de modelo utilizado em produção animal é a programação dinâmica¹⁴, que de acordo com Bellman (1957) *apud* Kennedy (1981), o fundamento base da formulação desse tipo de programação é o princípio da otimalidade, que diz que quaisquer que sejam o estado e a decisão iniciais, as decisões restantes tem de constituir uma estratégia ótima com respeito ao

¹⁴ Bellman *apud* Shamblin (1979) pag 389: A programação dinâmica deve ser utilizada em problemas que exigem decisões que tem que ser tomadas em sequência, ou seja, “permite-se a otimização parcial de uma parte da sequência e depois liga estas unidades otimizadas às porções seguintes da sequência até que toda esta fique otimizada” (Richard Bellman, 1957).

estado resultante da primeira decisão. Em outras palavras, os modelos dinâmicos incluem o tempo físico entre suas variáveis e descrevem as mudanças ocorridas no sistema em função desta variável. Como sistemas biológicos são caracterizados por possuírem mudanças relacionadas ao tempo, esse tipo de modelo tem bastante utilidade em estudos agropecuários.

Glen (1980) apresentou um problema de otimização em confinamento de bovino de corte¹⁵ utilizando duas técnicas em conjunto, programação linear e programação dinâmica. Essa combinação assegurou o completo controle alimentar durante todo o período de confinamento, considerando que as exigências alimentares dos animais mudam ao longo do tempo. Levando em consideração que a eficiência econômica de um confinamento bovino depende principalmente dos pesos e dos preços de aquisição de animais e do preço da alimentação utilizada, o autor propôs um modelo que envolvesse formulações de rações de custo mínimo em todos os momentos do processo de produção animal, baseado em exigências nutricionais de cada categoria animal. A programação linear foi utilizada para formular rações de custo mínimo para ganhos de pesos específicos de animais com pesos vivos iniciais conhecidos. Já a programação dinâmica foi usada posteriormente para determinar o “melhor” ou o “ótimo” planejamento (“Schedule”) para o fornecimento das rações elaboradas pela programação linear a fim de que os animais ganhassem o peso desejado. O autor ressaltou duas vantagens da utilização da programação dinâmica: a técnica assegurou que as formulações de rações otimizadas podem ser utilizadas em todos os processos de produção da carne (fase de adaptação, manutenção e crescimento) e que não é necessário assumir que as taxas de ganhos de peso se mantêm constantes durante todo o processo.

¹⁵ Ver Meyer e Newett (1970) que também elaboraram um modelo de otimização em confinamento bovino utilizando programação dinâmica. Eles buscaram responder questões básicas que envolvem a dinâmica de confinamentos bovinos: Qual o peso inicial que o animal deve ser comprado? Com qual peso o animal deve ser vendido? Quanto tempo o animal deve ficar confinado? Qual tipo de ração e quanto deve ser fornecido aos animais? e outras.

Este mesmo autor, no ano de 1986, apresentou um modelo de programação linear de uma empresa que promovia integração entre agricultura e produção intensiva de carne (confinamento). A idéia central era que o alimento produzido na empresa poderia ser usado na alimentação dos animais, com a sobra sendo vendida a preços de mercado. No entanto, dependendo da exigência nutricional dos animais e da insuficiência produtiva da empresa, alguns alimentos teriam que ser comprados para suprir essa deficiência e para fornecer uma ração adequada aos animais. Segundo Glen (1986), os principais fatores que são levados em consideração para avaliar o desempenho desse tipo de operação são: os custos e os pesos individuais dos animais adquiridos para a engorda em confinamento; os pesos e os preços em que os animais são vendidos; o sistema alimentar dos animais; os custos de compra de alimentos; os custos da produção de grãos e o valor de mercado dos grãos.

Para o sistema alimentar foi utilizado o mesmo modelo do trabalho anterior de programação dinâmica. A fim de simplificar a análise, apenas as atividades de produção de grãos e de produção intensiva de carne foram consideradas no modelo, sendo os animais, portanto, adquiridos já no estágio de engorda. Esse modelo pode ser utilizado para avaliar a política de produção e de comercialização de uma empresa, quando se trabalha a produção agrícola em conjunto com a produção intensiva de carne. O autor considerou o modelo válido, mas limitado quanto ao número de culturas produzidas na empresa (apenas três: trigo, forragem e batata) e quanto às atividades relacionadas aos animais (não considerou as atividades de cria e recria).

3 METODOLOGIA

Trabalhou-se com um estudo de caso em uma propriedade que tem como atividades principais a terminação de gado de corte em confinamento e a produção de grãos. O confinamento ocorre durante o período de entressafra, na época seca do ano (maio a novembro), e os grãos e resíduos oriundos da atividade agrícola são empregados no balanceamento da alimentação fornecida aos animais confinados. Tanto os preços de mercado quanto os custos de produção, para animais e grãos, podem variar ao longo do ano. A otimização dessas atividades impõe, para o gerenciamento da propriedade, a escolha sobre a melhor época para confinar os animais, a quantidade de animais confinados e a melhor ocasião para a venda dos grãos produzidos.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Adotou-se a técnica de pesquisa operacional, utilizando a abordagem quantitativa para desenvolver um modelo baseado em um sistema agropecuário real a fim de se analisar o desempenho do sistema para propor decisões que promovam sua melhoria. O modelo desenvolvido baseou-se no sistema agropecuário integrado, retratado na Figura 2.3 (pág 46).

O estudo de caso é um dos modos mais recomendáveis, quando a questão que rege a proposta de pesquisa gira em torno de “como” e “por que”, lidando com ligações operacionais que necessitam ser traçadas ao longo do tempo. O método se constitui em uma abordagem ideal

quando o pesquisador não é capaz de controlar os eventos e quando se trata de um fenômeno em curso (YIN, 2005).

Segundo Schramm (1971), *apud* Yin (2005), um estudo de caso tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas; como foram implementadas e; com quais resultados. Yin (2005) considera algumas circunstâncias em que o estudo de caso é apropriado: quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real; quando representa um caso crítico para testar (confirmar, desafiar, expandir) uma teoria bem formulada; quando se trata de um caso revelatório que oferece a oportunidade de observar e examinar um fenômeno previamente inacessível à investigação científica. Segundo este autor, tal método é o mais adequado quando a situação investigada inclui um grande número de variáveis, sendo complexas as relações entre elas, com a vantagem de que permite explicar o caso em estudo ao relacioná-lo a outros com características parecidas.

Adotou-se como respostas às questões de pesquisa a abordagem quantitativa à coleta e análise dos dados primários. O método quantitativo se justifica pelo envolvimento complexo de muitas variáveis, além de incluir modelos elaborados de equações estruturais e identificação da força coletiva de variáveis múltiplas. As informações necessárias devem estar claramente definidas e o processo de pesquisa é formal e estruturado. São feitas constatações conclusivas, usadas como dados para tomadas de decisão objetivando quantificar os dados e generalizar os resultados da amostra para a população alvo (MALHOTRA, 2001).

3.2 TÉCNICAS DE PESQUISA

Para desenvolver o trabalho, partiu-se da compreensão da dinâmica do sistema de produção em estudo, de dados e de informações estabelecidas com a participação do proprietário

e de técnicos especialistas, e dos vários pressupostos inerentes ao sistema. Construiu-se um banco de dados por meio de entrevistas estruturadas dirigidas ao proprietário e ao gerente e do acompanhamento mensal, ao longo do ano de 2008, das atividades produtivas. Tais informações foram complementadas pelo levantamento de preços junto às instituições privadas e públicas, cooperativas agropecuárias e aos representantes e revendedores de insumos agrícolas.

Também foram utilizadas as técnicas de pesquisa bibliográfica, ou de fonte secundária, fazendo um levantamento contextualizado do cenário da pecuária de corte brasileira utilizando documentos de órgãos especializados (IBGE, CNA, CEPEA, BM&F, FNP), jornais, livros, dissertações, teses e periódicos.

Estudando os custos de produção do confinamento, identificou-se os componentes que mais influenciaram e o peso de cada um no custo operacional visando avaliar a viabilidade econômica da atividade. Foram levantadas todas as despesas referentes à engorda dos animais, as receitas e inventariados os bens utilizados no confinamento, caracterizando, no final, o custo operacional, custo total, receita total e resultado final (lucro ou prejuízo). O resumo dessa análise está apresentado na tabela 3.1. a seguir:

Tabela 3.1. Resumo da análise financeira da atividade de confinamento de bovino de corte.

Discriminação	Resultados
Receitas (animais + esterco)	R\$ 2.715.735,80
Receita Animais	R\$ 2.682.593,30
Receita Esterco	R\$ 33.142,50
Custo Operacional Total	R\$ 2.454.917,13
Custo Operacional Efetivo (despesas)	R\$ 2.429.211,78
Custo com Depreciação	R\$ 25.705,35
Custo Total de Produção	R\$ 2.655.371,32
Custos Fixos	R\$ 129.123,62
Remuneração da Terra	R\$ 52.555,84
Remuneração sobre o capital investido	R\$ 34.569,58
Remuneração do Empresário (5 salários mínimos)	R\$ 14.525,00
Custo com Depreciação	R\$ 25.705,35
Custo com Impostos (ITR, IPVA)	R\$ 1.767,85
Custos Variáveis	R\$ 2.526.247,70
Custo Operacional Efetivo Sem Impostos	R\$ 2.427.443,93
Remuneração sobre o Capital de Giro	R\$ 98.803,77
Custo com Impostos (ICMS)	-
Margem Bruta	R\$ 286.524,02
Margem Líquida	R\$ 260.818,67
Resultado	R\$ 60.364,48
Custo Operacional Efetivo/@	R\$ 71,50
Custo Operacional Total/@	R\$ 72,25
Custo Total/@	R\$ 78,15
Preço Médio de Venda da @ da Fêmea	R\$ 75,50
Preço Médio de Venda da @ do Macho	R\$ 83,00
Produção Total	33.977,3@
Ponto de Equilíbrio	27.768,5@
Lucratividade	2,2%
Rentabilidade	3,9%
Custo Fixo / Custo Total	4,86%
Custo Variável / Custo Total	95,14%
Custo com Depreciação / Custo Operacional Total	1,05%
Custo Operacional Efetivo / Custo Operacional Total	98,95%
Receita Esterco / Receita Total	1,22%

Fonte: MOREIRA, et al. (2009)

Foram utilizadas duas metodologias para o cálculo do custo da terminação de bovinos de corte em confinamento: a de custo operacional¹⁶, utilizada pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (IEA), desenvolvida por Matsunaga et al. (1976), e a de custo total de produção que foi trabalhada por Reis (1986).

Depois de coletados, estruturados, calculados e analisados os dados, concluiu-se que os itens de maior representatividade sobre os custos do confinamento em questão foram, em ordem decrescente: aquisição de animais com 77,7%, alimentação com 19,19%, despesas diversas com 1,76%, mão de obra com 0,86%, sanidade com 0,41% e impostos com 0,07%. A completa descrição desta investigação está presente em Moreira et al. (2009).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

A propriedade estudada está localizada no município de Cristalina (Norte de Goiás), distante aproximadamente 100 quilômetros do centro de Brasília. Possui uma área de 3.214 ha, sendo 2.600 ha de terras agricultáveis e o restante de reserva natural. Até o ano de 2007 eram desenvolvidas apenas atividades agrícolas, e naquele ano iniciou o confinamento de bovinos de corte. A propriedade é explorada integrando as atividades de confinamento e agricultura como forma de maximizar o lucro da empresa como um todo. A Figura 3.1. a seguir apresenta a imagem de Satélite da região em estudo.

¹⁶ De acordo com Matsunaga et al. (1976) custo operacional é definido como sendo as despesas efetivamente desembolsadas pelo agricultor mais a depreciação de máquinas e benfeitorias e o custo estimado da mão-de-obra familiar, ampliando-o e incorporando-se outros componentes de custo visando obter o custo total de produção.

A infraestrutura da fazenda está concentrada em uma área de 10 ha. Estas instalações compreendem curral de manejo, brete de contenção de animais e balança eletrônica de pesagem, galpão de armazenamento, residência do gerente, silos para silagem, piquetes adequados com capacidade estática para 1.800 bois, tendo possibilidade de ampliação para os próximos anos dependendo do retorno financeiro da atividade. Possui, ainda, fábrica de ração e sistema de processamento, limpeza e armazenagem de grãos.



Figura 3.1. Imagem de satélite da região estudada
Fonte: Google Earth (2009)

As áreas disponíveis para cultivos de milho, soja, sorgo e feijão encontram-se com bom potencial produtivo em decorrência de correções de fertilidade do solo. O confinamento é realizado na época seca do ano, durante os meses de maio e novembro. No ano de 2008 foi mantida a quantidade mínima de 200 animais confinados durante todo o período de funcionamento do confinamento, sendo a capacidade máxima de confinamento no período de 214

dias de 5.400 animais. Os animais são comprados tanto no mercado local, quanto nas regiões próximas da propriedade. São na maioria da raça nelore entre 30 e 42 meses de idade. O período médio de permanência de cada animal é de 60 dias, com os animais entrando com peso médio de 420 kg e saindo com peso médio de 516 kg. Não se verificou perda de animais por óbito ou qualquer outro tipo de ocorrência.

Como a propriedade estudada integra a produção agrícola com a produção intensiva de carne bovina, o suprimento de alimento ficou limitado aos insumos produzidos, e isso influencia na estratégia alimentar. Foi utilizado um programa de formulação de ração de custo mínimo, que considera os alimentos disponíveis na propriedade respeitando as exigências nutricionais mínimas dos animais confinados.

Considerou-se o consumo voluntário médio de alimentos por animal constante durante o período de confinamento e um ganho de peso linear para todo o período de confinamento. Nesse sentido, para os animais ganharem uma média de 1,6 kg/dia necessitaram ingerir uma média de 25 kg de volumoso e 5,4 kg de concentrado por dia, na matéria natural. O volumoso era composto por silagem de milho e o concentrado pela mistura de vários ingredientes: soja, resíduo de soja, sorgo, resíduo de sorgo, resíduo de milho, resíduo de feijão, além dos suplementos alimentares (sal mineral, melão pó e bicarbonato de sódio).

O consumo individual do concentrado, por dia, foi dividido da seguinte maneira: 0,81 kg de soja, 1,78 kg de resíduo de soja, 1,24 kg de sorgo, 0,28 kg de resíduo de sorgo, 0,71 kg de resíduo de milho, 0,32 kg de resíduo de feijão, 0,16 kg de sal mineral, 0,05 kg de melão pó e 0,05 kg de bicarbonato de sódio, totalizando os 5,4 kg de concentrado estipulado anteriormente.

O custo diário calculado da alimentação para cada animal foi igual a R\$ 3,13. O custo da silagem de milho da propriedade foi de R\$ 0,047/kg, o concentrado custou R\$ 0,33/kg e o custo do sal mineral foi de R\$ 1,15/kg;

Os demais custos envolvidos no confinamento foram: sanidade, despesas diversas (combustível, brinco para identificação, lâmpadas, energia elétrica, materiais de limpeza e de escritório, manutenção e depreciação de máquinas e de instalações e, impostos), mão-de-obra, impostos e suplementos alimentares (sal mineral, melão pó, bicarbonato de sódio). O detalhamento dos mesmos pode ser obtido em Moreira et al. (2009).

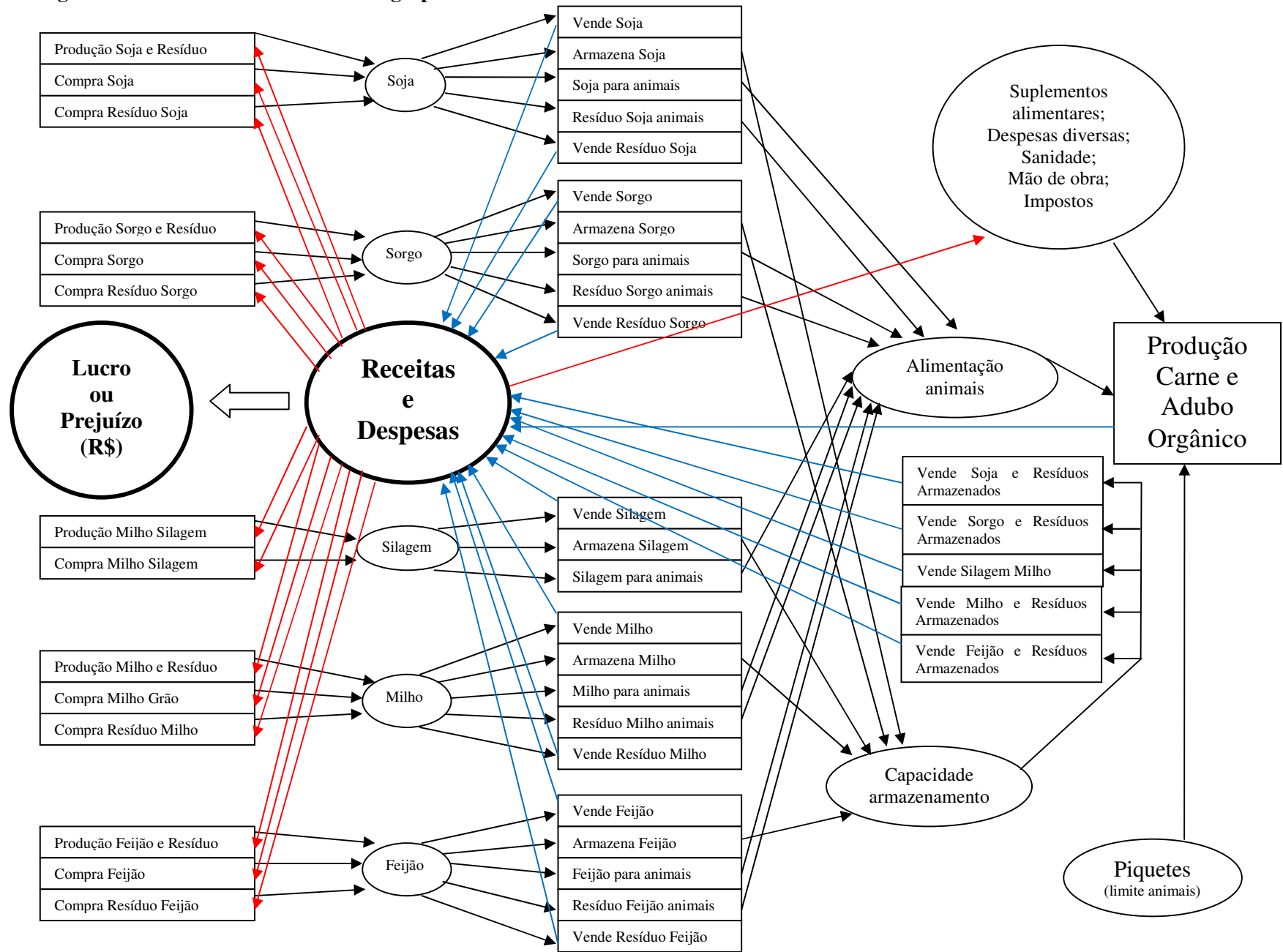
3.4 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO MODELO

Para entender melhor essa dinâmica foi elaborado um diagrama, figura 3.2., de atividade-recurso que mostra exatamente o que as equações descrevem em formas matemáticas. Nesse diagrama existem dois componentes básicos: (1) atividades, que correspondem às variáveis e estão representadas na forma de retângulos; e (2) recursos, que correspondem às restrições e estão representados na forma de círculos. As restrições referentes às *commodities* devem ser interpretadas da seguinte maneira: "uso \leq fontes", ou seja, não se deve utilizar mais do que foi produzido e/ou comprado.

As setas pretas que incidem nos retângulos correspondem aos recursos disponíveis, estratégias de decisão das *commodities* e/ou restrições com que as variáveis tem interações. Por outro lado, as setas pretas que incidem nos círculos correspondem às atividades ou variáveis de decisão. As setas azuis que incidem no círculo central correspondem às possíveis receitas e as setas vermelhas que saem do círculo central estão relacionadas às despesas.

Algumas informações sobre o diagrama de atividade-recurso devem ser explicadas, tais como: cada retângulo do diagrama corresponde a uma variável de decisão do modelo; Cada seta do diagrama corresponde a um coeficiente do modelo; Associado a cada círculo ou retângulo está uma unidade de medida, por exemplo, horas, quilogramas, reais, etc.; as unidades ou dimensões de cada seta correspondem às suas respectivas unidades de origem.

Figura 3.2. Diagrama atividade-recurso de sistema agropecuário.



3.5 CONSTRUÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

3.5.1 Especificações do modelo

Esta sessão apresenta as etapas para a construção do modelo matemático de otimização cujo foco foi as atividades integradas de confinamento bovino (produção de carne) e comercialização dos grãos e resíduos oriundos das atividades de pré-processamento (pré-limpeza).

As especificidades do modelo, discriminadas a seguir, foram definidas para que o mesmo esteja em consonância com os objetivos do trabalho:

1. Os fenômenos biológicos envolvidos devem ser representados em nível de detalhamento consistente com os tipos de informação disponibilizadas na literatura científica da área.
2. As estratégias de gerenciamento e manejo típicas de empresas ou propriedades agrícolas devem ser incorporadas no modelo. Desta forma, ele refletirá realisticamente os procedimentos de aquisição e venda; as interações entre as atividades relativas ao confinamento e ao sistema de produção e comercialização dos grãos e as correntes condições de comercialização e outros parâmetros econômicos relevantes (taxas de juros, investimento, depreciação, preço de grãos e boi vivo, descontos na carcaça etc.).
3. A estrutura do modelo deve ser flexível o bastante para permitir a inclusão de informações que forem disponibilizadas ao longo do tempo. Também deve permitir a inclusão de alternativas de gerenciamento e inovações tecnológicas que possam alterar

significativamente as quantificações das entradas e/ou saídas do sistema produtivo em questão.

As etapas de desenvolvimento do modelo foram as seguintes: 1) levantamento das variáveis relevantes do sistema, que envolvem as variáveis de decisão para as quais procura-se valores ótimos, e variáveis exógenas que servem de base para a definição de restrições; 2) desenvolvimento da função objetivo e o sistema de equações que compõem as restrições do modelo; 3) implementação e depuração do modelo utilizando o software de programação LINGO; 4) validação do modelo com obtenção do cenário ótimo para as condições levantadas *in loco* e estudo de cenário alternativo.

O estudo utilizou recursos da área de pesquisa operacional com objetivo de modelar matematicamente um problema de alocação de recursos por meio de programação linear multiperiódica. Essencialmente, um modelo de programação linear multiperiódica pode ser genericamente apresentado por um sistema de equações contendo uma função objetivo que maximiza o retorno financeiro, refletindo a combinação e nível ótimos das atividades e processos considerados no sistema. Esta condição ótima deve ser adequada à realidade utilizando equações de restrição que contabilizam a disponibilidade de recursos e alternativas adequadas de gerenciamento.

3.5.2 Modelo matemático desenvolvido

O modelo matemático de programação linear multiperiódica desenvolvido permite avaliações de estratégias para melhorar a gestão no uso dos recursos empregados em processos

que se desenvolvem em um horizonte de tempo finito onde se contabiliza variação dos diversos fatores que permeiam esses processos. Desta forma busca-se otimizar as atividades em cada subperíodo de tempo, coordenando-as para atingir o ótimo ao final do período considerado. Neste trabalho, dada às condições verificadas de manejo dos animais na propriedade estudada, adotou-se um subperíodo igual 10 dias. Assim como cada animal foi confinado por 60 dias, o período de confinamento corresponde a seis subperíodos. As partes constituintes do modelo estão descritas a seguir.

Função objetivo:

Maximiza o valor presente da receita líquida em cada subperíodo de confinamento considerando, concomitantemente, as atividades de confinamento e comercialização de grãos. A receita da atividade de confinamento origina da venda de animais e da venda do esterco, enquanto as despesas são contabilizadas pela compra de animais e pelo custo de mantê-los. Para os produtos agrícolas têm-se a receita proveniente da venda destes produtos e os custos oriundos da produção e do armazenamento dos mesmos. A função objetivo é representada pela Equação 1, a seguir:

$$\begin{aligned}
 Max = & \sum_{i=1}^n at_i PV_i AV_i + \sum_{i=1}^n at_{fe} PE_{fe} x e_i NAC_i - \sum_{i=1}^n at_i PC_i AC_i - \sum_{i=1}^n at_i C_i NAC_i + \\
 & \sum_{k=1}^P \sum_{i=1}^n at_i P_{k,i} QPV_{k,i} - \sum_{k=1}^P (CP_k + CEP_k) QPROD_k - \\
 & \sum_{k=1}^P \sum_{i=1}^n at_i (CPC_{k,i} + CEC_{k,i}) QCOMP_{k,i} - \sum_{k=1}^P \sum_{i=1}^n at_i CAR_{k,i} QPAR_{k,i} -
 \end{aligned}$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n \alpha t_i CSA_{k,i} QPV_{k,i} - \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n \alpha t_i CSA_{k,i} QPECN_{k,i} ; \quad (1)$$

onde:

n = número de subperíodos considerado para as atividades concomitantes de confinamento e comercialização de produtos agrícolas;

αt_i = fator de atualização definido por $1/(1+r)^i$ sendo r a taxa de desconto referente ao custo de oportunidade do capital e i o subperíodo considerado;

PV_i = preço de venda de cada animal oriundo do confinamento no subperíodo i (R\$/animal);

AV_i = número de animais vendidos no subperíodo i ;

PE_{fc} = preço de venda do esterco no final do confinamento, (R\$/ton);

xe_i = quantidade de esterco produzida por cada animal no subperíodo i (ton).

PC_i = preço de compra de cada animal confinado no subperíodo i , (R\$/animal);

AC_i = número de animais comprados no subperíodo i ;

C_i = custo operacional total do confinamento de cada animal no subperíodo i , (R\$/animal);

NAC_i = número de animais em confinamento no subperíodo i ;

p = número de tipos de produtos agrícolas armazenados disponíveis para comercialização ao longo dos subperíodos i considerados no confinamento;

$P_{k,i}$ = preço de venda do produto k no subperíodo i , (R\$/ton);

$QPV_{k,i}$ = quantidade de cada produto k comercializado no subperíodo i , (ton);

CP_k = custo de produção do produto k , (R\$/ton);

CEP_k = valor de entrada do produto produzido k , (R\$/ton);

$QPROD_k$ = quantidade de produto k disponibilizado no início do confinamento, (ton);

$CPC_{k,i}$ = valor de aquisição do produto k comprado no subperíodo i , (R\$/ton);

$CEC_{k,i}$ = Custo de entrada do produto k comprado no período i , (R\$/ton);

$QCOMP_{k,i}$ = Quantidade do produto k comprado no subperíodo i , (R\$/ton);

$CAR_{k,i}$ = Custo de armazenagem do produto k em cada subperíodo i , (R\$/ton);

$QPAR_{k,i}$ = Quantidade de produto k armazenado em cada subperíodo i , (ton);

$CSA_{k,i}$ = Custo de saída do produto k da unidade armazenadora em cada subperíodo i , (R\$/ton).

$QPECON_{k,i}$ = quantidade do produto k utilizado no confinamento no subperíodo i .

Os dois primeiros termos da Equação (1) contabilizam as receitas proveniente do confinamento; venda de animais em cada subperíodo e venda do esterco recolhido no final do confinamento. Como o modelo multiperíodico contabiliza receitas e custos em subperíodos futuros é necessário aplicar o fator de atualização at_i a fim de tornar estes valores comparáveis com o dinheiro presente ou, em outras palavras, comparar os valores futuros com os valores presentes. Os dois termos seguintes, ainda na mesma linha, computam, em cada subperíodo, respectivamente, o custo de compra de animais e de manutenção dos animais no confinamento. Pressupõe-se que todos os animais confinados foram adquiridos no mercado.

Os termos seguintes correspondem à atividade de comercialização dos produtos agrícolas. Considerou-se produto agrícola os grãos, os resíduos oriundos da operação de pré-limpeza dos mesmos, e a silagem de milho. O quinto termo calcula a receita proveniente da venda dos produtos agrícolas. O sexto termo considera os custos associados ao produto proveniente da propriedade: custo de produção, custo de entrada na unidade armazenadora (referente a recepção, à braçagem, pré-limpeza e sobretaxa) e custo de secagem do produto.

O sétimo termo trata dos custos relacionados com os custos de aquisição do produto no mercado, incluindo os custos de entrada (apenas braçagem) na unidade armazenadora. Como a atividade de comercialização de grãos está prevista no modelo, a inclusão deste termo possibilita a aquisição do produto em condições de compra favorável e a venda do mesmo numa situação de elevação de preços no mercado. Os custos, neste caso, compreendem o custo de aquisição e de braçagem. Os três últimos termos descrevem, respectivamente, os custos associados à armazenagem de grãos, custos de retirada (expedição e braçagem) do produto vendido e produto destinado ao confinamento.

A maximização da função objetivo foi sujeita às seguintes restrições:

Restrição 1 – Quantidade de animais confinados em determinado subperíodo

$$NAC_i = NAC_{i-1} + AC_i - AV_i, \quad \forall i \text{ com confinamento.} \quad (2)$$

Esta equação se aplica somente nos subperíodos em que é realizado o confinamento dos animais (de maio a novembro).

Restrição 2 – Condições iniciais para a quantidade de animais confinados

$$NAC_i = 0, \quad \forall i \text{ antes do início do confinamento.} \quad (3)$$

Restrição 3 – Quantidade de animais vendidos em determinado subperíodo

$$AV_{i+npc} = ip_i AC_i, \quad \forall i \text{ com confinamento}; \quad (4)$$

onde:

npc = número de subperíodos de confinamento para cada lote;

ip_i = índice de perdas de animais durante o confinamento registrado no subperíodo i , $0 \leq ip_i \leq 1$.

Com esta restrição estabelece-se que o número de animais vendidos deve ser igual àquele de animais confinados nos subperíodos anteriores correspondentes. Neste trabalho, como afirmado anteriormente, o valor de npc é igual a seis. Não se verificou perdas de animais no confinamento estudado; assim ip_i foi considerado igual a um ao longo de todo confinamento.

Restrição 4 – Capacidade estática do confinamento em cada subperíodo

$$NAC_i \leq CAPLOT, \quad \forall i \text{ com confinamento}; \quad (5)$$

onde:

$CAPLOT$ = Quantidade máxima de animais comportado pelo confinamento em um determinado subperíodo i .

A capacidade estática do confinamento verificada foi igual a 1.800 animais.

Restrição 5 – Nível de ocupação dinâmica do confinamento

$$\sum_{i=1}^n NAC_i \leq CAPLOT.n.ind, \quad \forall i \text{ com confinamento}; \quad (6)$$

onde:

ind = índice de ocupação, $0 \leq ind \leq 1$.

O nível de ocupação dinâmica possibilita restringir a quantidade de animais confinados ao longo de todos os subperíodos de confinamento. Adotou-se $ind = 1$ para o caso estudado.

Restrição 6 - Períodos em que não se compra animais para o confinamento

$$AC_i = 0, \quad \forall i \neq \text{dos períodos em que se compra.} \quad (7)$$

Os subperíodos em que não se compra animais para o confinamento correspondem àqueles antes do mês de maio e aos últimos seis subperíodos, quando se está terminando os últimos animais confinados. Um melhor detalhamento destes subperíodos pode ser conferido na próxima seção deste Capítulo.

Restrição 7 - Períodos em que não se vende animais do confinamento

$$AV_i = 0, \quad \forall i \neq \text{dos períodos em que se vende.} \quad (8)$$

Raciocínio análogo à restrição anterior pode ser empregado neste caso. Os subperíodos em que não é possível a venda de animais correspondem àqueles antes do mês de maio, acrescidos dos seis primeiros subperíodos necessários para terminar os primeiros animais lotados no confinamento.

Restrição 8 – Disponibilidade de produto para alimentação dos animais e comercialização

$$\sum_{i=1}^n QPECON_{k,i} + \sum_{i=1}^n QPV_{k,i} = \sum_{i=1}^n QCOMP_{k,i} + QPROD_k, \quad \forall k \text{ e } \forall i. \quad (9)$$

Nesta restrição faz-se o balanço entre a quantidade (em massa) de cada produto que entra no sistema integrado e o que sai ao longo do período estudado. As saídas, representada pelo somatório entre o total empregado no confinamento e o total comercializado, deve ser igual às entradas de cada um, ou seja, o total que comprado mais a quantidade produzida. Na próxima seção serão detalhados os dados levantados para cada produto.

Restrição 9 – Quantidade de produto empregado no confinamento em cada período

$$QPECON_{k,i} = x_k NAC_i, \quad \forall k \text{ e } \forall i \text{ com confinamento}; \quad (10)$$

onde:

x_k = quantidade de produto k utilizado na alimentação de cada animal confinado no período i , (ton/animal);

A dieta utilizada no confinamento foi detalhada por Moreira et al. (2009). Na próxima seção estão calculados os valores de x_k para cada produto.

Restrição 10 – Quantidade de produto comercializada em cada período

$$QPV_{k,t} \leq QPAR_{k,t-1} + QCOMP_{k,t} - x_k \sum_{l=per}^{per+mpc} NAC_{per,l}, \quad \forall k \text{ e } \forall t \geq 1; \quad (11)$$

onde:

per = período no qual se decide vender produto k armazenado.

Esta restrição estabelece que a quantidade de cada produto comercializado, em cada subperíodo, deve ser inferior ou igual ao somatório entre a quantidade armazenada no subperíodo anterior e a quantidade comprada no subperíodo considerado, descontando-se a quantidade de produto reservada para alimentar os animais confinados nos subperíodo subsequentes ao momento em que a venda do produto é considerada.

Restrição 11 – Quantidade de produto armazenado no início das atividades

$$QPAR_{k,t} = QPROD_{k,t} \quad \forall k \text{ e } t = 0. \quad (12)$$

Admitiu-se que todo produto colhido na propriedade é imediatamente encaminhado para a unidade armazenadora logo após a colheita uma vez que no local dispunha-se de capacidade de armazenagem suficiente para tal.

Restrição 12 – Quantidade armazenada de cada produto em cada período

$$QPAR_{k,t} = QPAR_{k,t-1} + QCOMP_{k,t} - QPV_{k,t} - QPECON_{k,t}, \quad \forall k \text{ e } \forall t \geq 1. \quad (13)$$

O balanço de massa descrito na equação anterior que estabelece que quantidade de produto armazenada num determinado subperíodo deve ser igual à armazenada no subperíodo anterior acrescida da quantidade adquirida no subperíodo considerado menos as quantidades destinadas à venda e à alimentação dos animais confinados.

Restrição 13 – Capacidade de Armazenagem

$$QPAR_{k,t} + QCOMP_{k,t} \leq CAP, \quad \forall k \text{ e } \forall t; \quad (14)$$

onde:

CAP = capacidade estática de armazenagem da propriedade, (ton)

Esta restrição limita, para qualquer produto, à capacidade de armazenagem da propriedade o somatório entre a quantidade de produto armazenado e a quantidade de produto adquirida no mercado, em qualquer subperíodo.

Restrição 14 - Condições de positividade

$$AV_i \geq 0; AC_i \geq 0; NAC_i \geq 0; QPV_{k,i} \geq 0; QPROD_k \geq 0; QPAR_{k,i} \geq 0; QCOMP_{k,i} \geq 0.$$

A implementação do modelo de otimização foi feita utilizando a linguagem de programação do software LINGO (Versão 9.00, Extended). A listagem do programa encontra-se no Anexo E. Os dados requeridos pelo programa, detalhados a seguir, são acessados pelo programa em planilhas eletrônicas. O programa desenvolvido lista os resultados e gráficos destes também em planilhas eletrônicas.

3.5.3 Dados empregados na validação do modelo

Realizou-se a validação do modelo desenvolvido utilizando dados levantados ao longo do ano de 2008 na propriedade que serviu de base para este trabalho. A Tabela 3.1 mostra os subperíodos discriminados nos quais se aplica o modelo de otimização proposto.

Tabela 3.1. Subperíodos discriminados e valores da taxa de desconto, do preço de venda e de compra de animais utilizados no modelo de otimização

Subperíodos		Índice dos subperíodos	Taxa de desconto (Selic)	Preço médio de compra de cada animal (R\$)	Preço médio de venda de cada animal (R\$)
		i	r	PC_i	PV_i
23/02/2008	29/02/2008	0	-	-	-
01/03/2008	10/03/2008	1	0,0084	-	-
11/03/2008	20/03/2008	2	0,0084	-	-
21/03/2008	30/03/2008	3	0,0084	-	-

31/03/2008	09/04/2008	4	0,009	-	-
10/04/2008	19/04/2008	5	0,009	-	-
20/04/2008	29/04/2008	6	0,009	-	-
30/04/2008	09/05/2008	7	0,0088	980,00	-
10/05/2008	19/05/2008	8	0,0088	980,00	-
20/05/2008	29/05/2008	9	0,0088	1.092,00	-
30/05/2008	08/06/2008	10	0,0096	1.092,00	-
09/06/2008	18/06/2008	11	0,0096	1.092,00	-
19/06/2008	28/06/2008	12	0,0107	1.134,00	-
29/06/2008	08/07/2008	13	0,0107	1.134,00	1.476,00
09/07/2008	18/07/2008	14	0,0107	1.134,00	1.476,00
19/07/2008	28/07/2008	15	0,0102	1.190,00	1.530,00
29/07/2008	07/08/2008	16	0,0102	1.190,00	1.530,00
08/08/2008	17/08/2008	17	0,0102	1.190,00	1.530,00
18/08/2008	27/08/2008	18	0,011	1.148,00	1.494,00
28/08/2008	06/09/2008	19	0,011	1.148,00	1.494,00
07/09/2008	16/09/2008	20	0,011	1.148,00	1.494,00
17/09/2008	26/09/2008	21	0,0118	1.176,00	1.512,00
27/09/2008	06/10/2008	22	0,0118	1.176,00	1.512,00
07/10/2008	16/10/2008	23	0,0102	-	1.440,00
17/10/2008	26/10/2008	24	0,0102	-	1.440,00
27/10/2008	05/11/2008	25	0,0102	-	1.440,00
06/11/2008	15/11/2008	26	0,0112	-	1.368,00
16/11/2008	25/11/2008	27	0,0112	-	1.368,00
26/11/2008	05/12/2008	28	0,0112	-	1.368,00

Fonte: Frigorífico da região e propriedade em estudo.

As ações relativas ao confinamento dos animais e comercialização dos produtos agrícolas, otimizadas pelo modelo desenvolvido, situaram-se no período iniciado em 01/03/2008 se encerrando em 05/12/2008. Fora deste período as atividades na propriedade concentraram-se, principalmente, na manutenção das instalações e maquinário e realização de colheita e pré-processamento dos grãos e resíduos dos mesmos. Os subperíodos, arbitrados como espaço de

tempo para a tomada de decisões, foi de 10 dias. Avaliou-se que, desta forma, o modelo apresenta sensibilidade suficiente para captar as oscilações de preço e custo necessárias para a otimização multiperíódica integrada das operações de confinamento e comercialização de grãos.

Para calcular o fator de atualização (at_i) dos valores futuros utilizou-se a Taxa Selic, em cada subperíodo, do mês correspondente. Os valores de preço de venda (PV_i) basearam-se entre o peso final médio, em arrobas, dos animais e o valor de mercado da arroba no momento da venda. Metodologia semelhante foi aplicada para o preço de compra do animal nos subperíodos aptos para o confinamento. Os subperíodos em que pode ocorrer compra e/ou venda de animais são aqueles nos quais os valores das respectivas operações estão mostrados. Conforme enunciado anteriormente, os subperíodos para a venda iniciam-se seis subperíodos após o início dos subperíodos aptos para compra de animais (tempo suficiente para o ciclo de terminação dos animais, ou seja, 60 dias) e se encerram seis subperíodos após o término destes.

O custo do confinamento de cada animal em cada subperíodo (C_i) está na Tabela 3.2, a seguir. Este custo foi obtido a partir do um trabalho apresentado por Moreira et al. (2009) que acompanharam as atividades de confinamento na propriedade ao longo do ano de 2008 realizando coleta de dados e fazendo análises econômica dos mesmos. Os autores concluíram que a atividade era viável, mesmo em longo prazo, na propriedade e que os itens de maior representatividade nos custos do confinamento foram, em ordem crescente, impostos, sanidade, mão de obra, despesas diversas, alimentação e aquisição de animais.

Nesta tabela estão ainda os valores para o preço do esterco (PE_{fc}) vendido no final do confinamento, cujo valor foi levantado no comércio do Distrito Federal. A quantidade de esterco seco produzida por cada animal foi obtida de fontes secundárias, na Enciclopédia Agrícola Brasileira (2004). A opção por comercializar tal produto somente no final do confinamento

deveu-se ao fato de somente ter sido todo recolhido no final. Coletas intermediárias não foram realizadas a fim de não causar estresse nos animais, evitando o deslocamento dos mesmos para áreas fora do curral de engorda.

Tabela 3.2. Valores das variáveis C_i , PE_{fc} e xe_i utilizadas no modelo de otimização

Variáveis	Valor	Unidade	Descrição
C_i	37,40	R\$	Custo operacional total do confinamento (alimentação, despesas diversas, depreciação, mão-de-obra, sanidade e impostos) de cada animal em cada subperíodo (10 dias).
PE_{fc}	50,00	R\$/ton	Preço de venda do esterco no final do confinamento
xe_i	0,0168	ton	Quantidade de esterco seco produzida por cada animal em cada subperíodo.

A Tabela 3.3 apresenta diversos valores dos produtos agrícolas utilizados no modelo de otimização. O custo de produção (CP_k) para os grãos foram levantados junto a CONAB, Instituto FNP e Burgi Consultoria Agropecuária, para a região de Unaí, MG. Os resíduos agrícolas são provenientes da pré-limpeza dos grãos e o custo desta operação foi considerado como o custo de produção para os resíduos agrícolas. Para obter tais valores tomou-se por base as tarifas cobradas pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) no ano de 2008. Estes dados foram repassados em tabelas informativas diretamente da CONAB, mais especificamente na Unidade Armazenadora de Brasília, na Gerência de Cadastro e Credenciamento de Armazéns e na Superintendência de Informações do Agronegócio. O custo de produção da silagem¹⁷ foi obtido da própria fazenda, diretamente do proprietário.

Os custos de entrada (CEP_k e CEC_k), armazenagem (CAR_k) e saída (CSA_k), constantes na Tabela 8, também foram determinados a partir das tarifas destes serviços cobradas pela CONAB

¹⁷ O custo de produção da silagem envolveu custos de implantação, custos de operações mecanizadas (colheita, transporte, moagem, compactação, corte e transporte), custos de operações manuais (calagem, fosfatagem, reposição N-K, tríplex operação e ensilagem), e custos de insumos (lona plástica e inoculante cana).

no ano de 2008. Os custos de entrada para os resíduos, oriundos da operação de pré-limpeza, foram considerados nulos, uma vez que os mesmos foram incluídos na entrada do produto sujo, colhido na propriedade. Para a silagem não foram considerados nenhum custo adicional além dos custos de produção. Os custos de armazenagem foram calculados considerando o intervalo de dez dias, correspondentes ao subperíodo de tempo em que os produtos ficam armazenados.

Os Anexos A, B, C e D apresentados no final do trabalho mostram os valores brutos sem a atualização pelos juros. No entanto, os dados das figuras dos resultados e discussões estão atualizados pelos fatores de correção presentes na tabela 3.1.

Tabela 3.3. Valores das variáveis de custos de produção, e valores de entrada, armazenamento e saída dos produtos agrícolas, quantidades de produtos disponibilizados, capacidade de armazenagem e quantidade de produto empregado na dieta em cada subperíodo

Produto	Custo de produção (R\$/ton)	Valor de entrada do produto colhido (R\$/ton) (1)	Valor de entrada do produto comprado (R\$/ton) (2)	Custo de armazenagem em cada subperíodo (R\$/ton)	Custo de saída (R\$/ton) (3)	Quantidade de produto disponibilizado (ton)	Capacidade de armazenagem (ton)	Quantidade de produto utilizado na dieta por animal, em cada subperíodo (ton/animal)
	CP_k	CEP_k	CEC_k	CAR_k	CSA_k	$QPROD_k$	CAP_k	x_k
Milho	309,60	13,94	1,71	0,87	4,02	9.000,00	9.000,00	0,0000
Resíduo de milho	1,78	0,00	1,71	0,87	4,02	450,00	450,00	0,0071
Soja	577,50	14,63	1,71	0,89	4,02	3.000,00	3.000,00	0,0081
Resíduo de soja	1,78	0,00	1,71	0,89	4,02	150,00	150,00	0,0178
Sorgo	246,10	13,64	1,71	0,89	4,02	2.700,00	2.700,00	0,0124
Resíduo de sorgo	1,78	0,00	1,71	0,89	4,02	135,00	135,00	0,0028
Feijão	800,10	22,41	1,53	0,85	6,00	1.350,00	1.350,00	0,0000
Resíduo de feijão	1,78	0,00	1,71	0,85	4,02	67,50	67,50	0,0032
Silagem de milho	47,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.100,00	5.100,00	0,2500

(1) – Produto com 20% de umidade e 5% de impurezas: incluindo recepção, braçagem, pré-limpeza, secagem e sobretaxa.

(2) – Produto limpo e seco, considerando somente braçagem.

(3) – Considerando custos de braçagem e expedição.

A quantidade de produto disponibilizado para uso no confinamento ($QPROD_k$) é oriunda da propriedade estudada. Os resíduos dos diversos grãos se originam das operações de pré-limpeza no produto colhido sendo que, em média, nestas operações são retirados 5% da massa original do produto. Este percentual foi utilizada para determinar a quantidade de resíduos produzidos, como mostra a Tabela 3.3. A quantidade produzida apresentada para a silagem de milho está descontado um percentual de 15% equivalente às perdas que incidem neste volumoso durante a colheita, transporte, enchimento do silo, descarga, perdas no cocho e fermentação. Como a propriedade dispõe de capacidade de armazenagem para receber toda a produção, adotou-se os valores para esta variável (CAP_k) igual às respectivas quantidade de produto disponibilizada para o confinamento.

Os valores relativos à quantidade de produto utilizado na dieta da cada animal confinado em cada subperíodo (x_k) da Tabela 3.3 foram determinados por meio de software formulador de ração a custo mínimo conforme mostra o trabalho de Moreira et al. (2009).

Nos anexos A e B, e nos Anexos C e D tem-se, respectivamente, os preços de venda ($P_{k,i}$) e de aquisição ($CPC_{k,i}$) dos produtos agrícolas em cada subperíodo. Estes valores foram levantados da COOPA-DF (Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal LTDA), localizada próxima à fazenda em estudo. Vale destacar que a fazenda é cooperada.

Os preços de venda são referentes aos preços pagos pela COOPA-DF aos produtores cooperados da região. Os valores de venda dos resíduos foram adquiridos com a cooperativa e com produtores da região, sendo seu valor equivalente a 50% do valor de venda de cada produto.

Os valores de compra equivalem aos preços pagos pelos produtores à COOPA-DF. Neste caso o preço de compra dos resíduos compreende a 70% do preço do produto. Tanto o valor de compra como de venda da silagem de milho foram coletados diretamente do proprietário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo são apresentados os resultados da aplicação do programa computacional de otimização implementado a partir do modelo discutido no capítulo anterior. Tais resultados indicam, para cada subperíodo, as ações relativas ao confinamento e à comercialização dos produtos agrícolas em cada um. A base de dados utilizada pelo programa desenvolvido foi apresentada anteriormente. No caso dos grãos e dos resíduos agrícolas, por exemplo, a partir de uma quantidade pré-estabelecida de produção e de acordo com a volatilidade dos preços das *commodities*, o modelo otimiza o quanto e quando os produtos devem ser armazenados, comprados, vendidos ou fornecidos aos animais confinados, de modo a maximizar o lucro da propriedade. Foram analisados dois cenários.

4.1 CENÁRIO 1: CONFINAMENTO MÍNIMO DE 200 ANIMAIS

Analisou-se neste cenário uma condição que refletisse a realidade da propriedade estudada quanto à utilização das instalações de confinamento. Como discriminado na restrição 5 do modelo apresentado no capítulo anterior, a capacidade estática do confinamento é restrita a um máximo de 1.800 animais. Visando otimizar uma situação em que na propriedade se praticasse um nível mínimo de confinamento, haja vista a existência de uma adequada infraestrutura para tal, estabeleceu-se o confinamento de 200 animais ao longo dos subperíodos aptos para tal atividade.

O valor presente da receita líquida auferida pela otimização para este Cenário foi igual a R\$4.458.721,00. O programa implementado com a linguagem LINGO resolveu o problema

modelado com 331 iterações, e foram geradas 1048 variáveis e 1054 restrições. Estes números demonstram o quanto este modelo é complexo.

Para cada incógnita do modelo o programa gerou um gráfico associado à respectiva tabela mostrando os valores otimizados em cada subperíodo. Nas figuras e tabelas geradas, os índices dos subperíodos estão avançados em uma unidade em relação aos valores para os mesmos mostrados na Metodologia (o subperíodo “1” nas figuras corresponde ao subperíodo “0” referenciado na Metodologia, e assim por diante). Isso ocorreu porque os gráficos foram gerados diretamente pelo programa e a linguagem de programação LINGO apresenta esta peculiaridade de não aceitar índices com valores nulos.

Na Figura 4.1 tem-se o resultado quanto ao fluxo de animais em cada subperíodo para o Cenário 1, partindo-se da restrição de que houvesse no mínimo 200 animais presentes em qualquer momento no confinamento. Observa-se que o primeiro lote é adquirido no subperíodo 8 (30/04/2008 – 09/05/2008) e a última venda realizada no subperíodo 29 (26/11/2008 – 05/12/2008), como exigido pela restrição. A primeira venda ocorre após os seis subperíodos estipulados para a terminação do animal, ou seja, no subperíodo 14. Para atender a restrição da quantidade mínima de animais, o programa determinou que a melhor época para comprar os animais que seriam confinados nos últimos quatro subperíodos seria o subperíodo 11 (30/05/2008 – 08/06/2008). Neste subperíodo, a média do valor de compra de cada animal do lote de 200 foi R\$1.092,00 (segundo menor preço de compra a valores não atualizados) e vendido seis subperíodos após a R\$1.530,00 (melhor preço de venda a valores não atualizados). Este comportamento do programa atestou sua sensibilidade em detectar as condições mais favoráveis para as operações de compra e venda dos animais.

A Figura 4.2 mostra os resultados ótimos relativos à produção e comercialização do milho com base na oscilação dos preços nos subperíodos estudados. Na condição inicial, subperíodo um, foram armazenados 9.000 toneladas de milho (colhidas na propriedade). No

subperíodo seguinte, logo que se encerra o enchimento do silo, o programa indica a comercialização imediata de todo produto armazenado. Como pode ser observado na Tabela 3.3, o milho em grão não foi empregado na alimentação animal, portanto as operações em que o produto esteve presente foram somente de compra e venda.

Ocorreu redução no preço do milho nos subperíodos subsequentes de tal forma que no subperíodo 11 alcançou um patamar ótimo para compra; ocorrendo o mesmo no subperíodo 12 quando foi realizada uma nova compra (totalizando 6.750 toneladas). As condições ótimas indicaram que todo o produto comprado deveria ser vendido no subperíodo 13. Neste subperíodo o milho atingiu o melhor preço para venda (valor não atualizado). Este fato deveu-se a baixa oferta interna decorrente do aumento das exportações, e ao aumento da utilização de milho na alimentação de aves, suínos e bovinos confinados. Em seguida os preços começaram a cair e, como não se utilizou milho na alimentação dos animais confinados, o programa não indicou mais operações de compra e venda do produto.

A Figura 4.3 apresenta o fluxo do resíduo de milho dentro da dinâmica de otimização do sistema de produção e comercialização dos produtos agrícolas integrado ao confinamento bovino. Como o resíduo de milho é um dos componentes da ração animal, observa-se que somente a parte destinada para a alimentação animal fica na propriedade. Do total produzido 94,7% seria vendida logo no princípio da comercialização, como aconteceu com o milho.

Dessa maneira, até o subperíodo 21, que corresponde ao início do mês de setembro, foi mais vantajoso armazenar somente o resíduo que seria utilizado na alimentação animal. Após este período seria necessário adquirir resíduo de milho no mercado. Como a tendência era de baixa dos preços no mercado, a condição ótima para este cenário indicou que o produto deveria ser comprado aos poucos e ser fornecido aos animais confinados diretamente, sem armazenar, para evitar os custos desta operação.

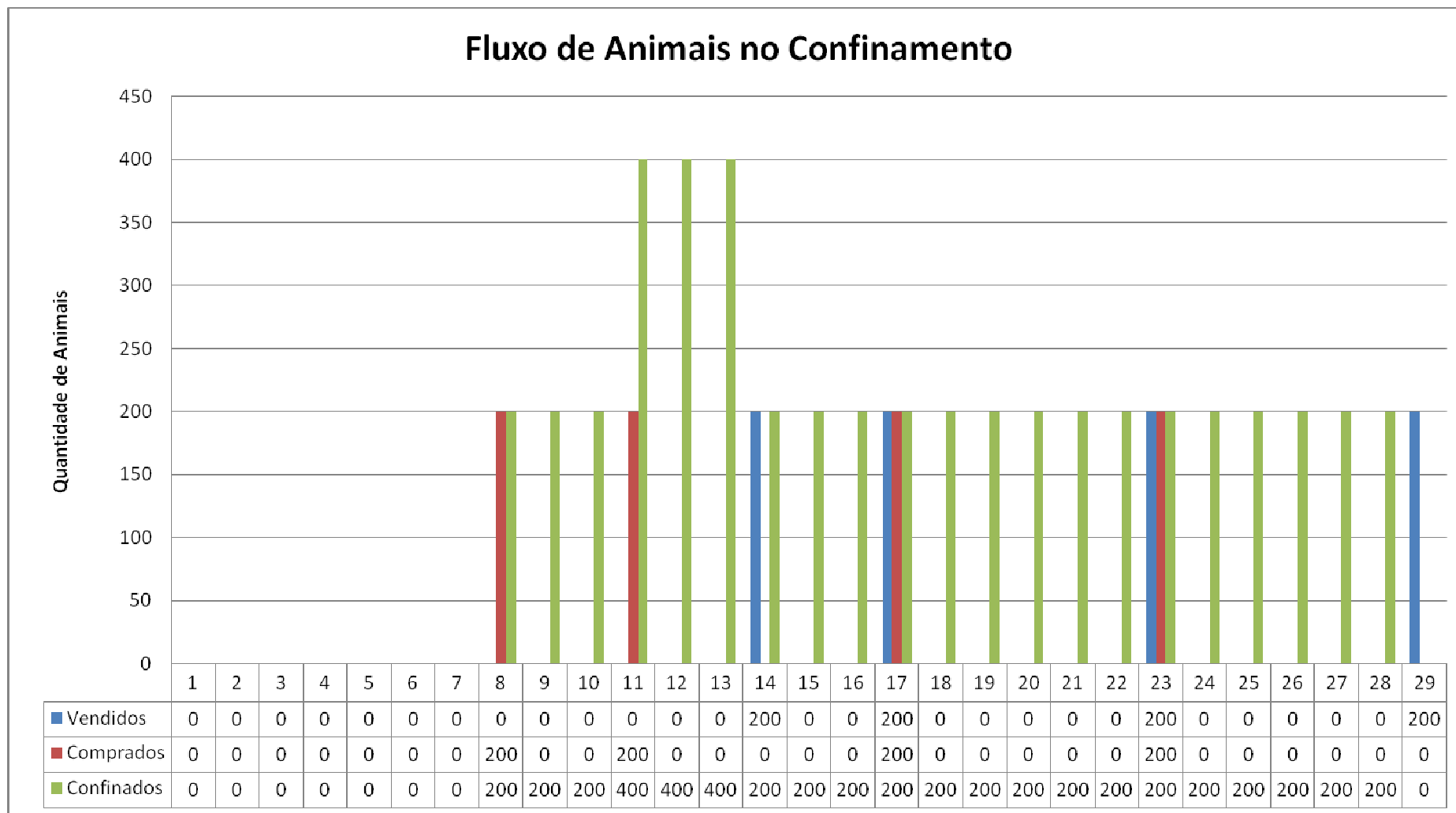


Figura 4.1. Fluxo de animais no confinamento em cada subperíodo, de 30/04/2008 (subperíodo 8) a 05/12/2008 (subperíodo 29) Cenário 1



Figura 4.2. Operações realizadas com milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

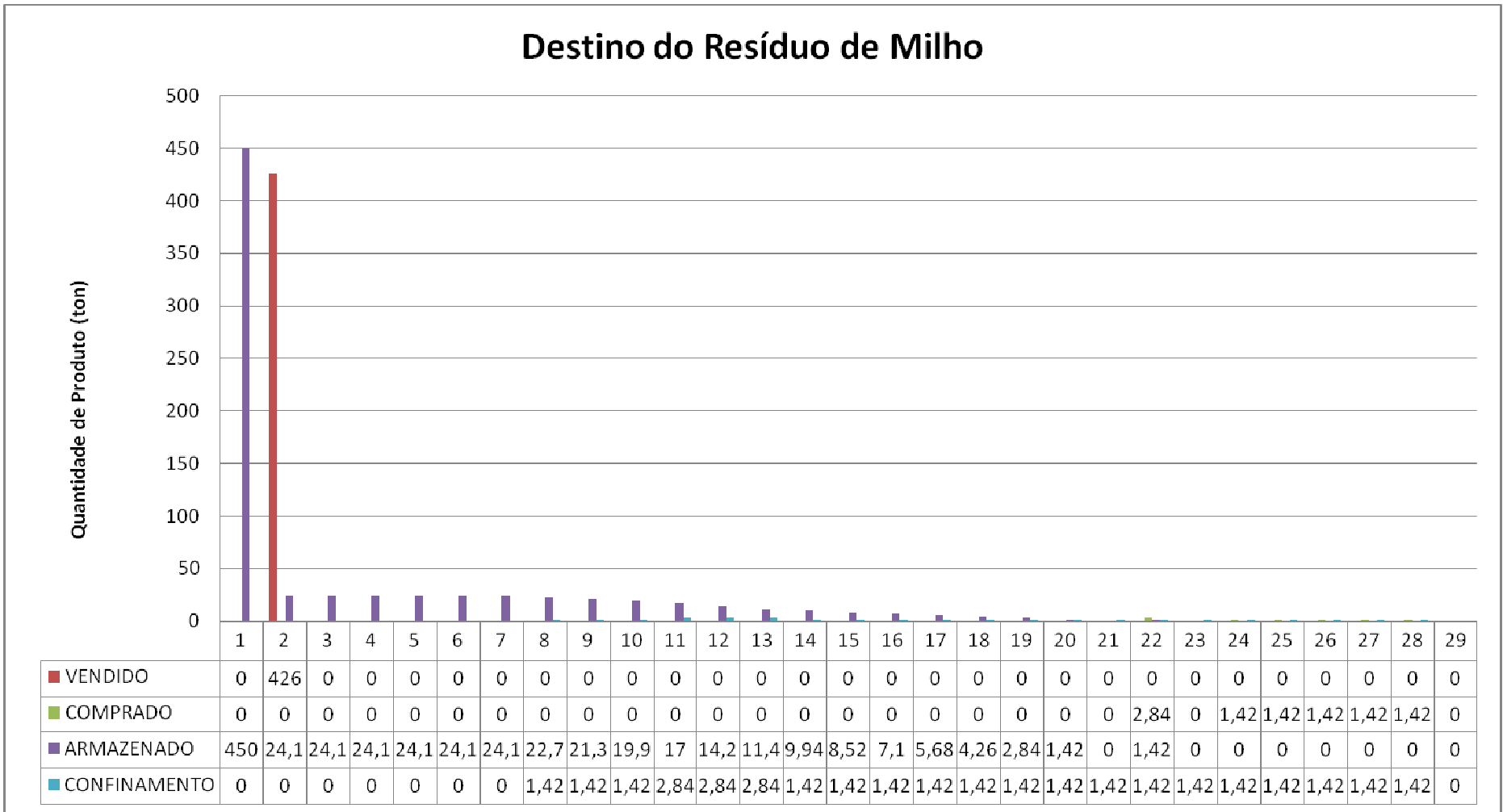


Figura 4.3. Operações realizadas com resíduo de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

No caso da soja, Figura 4.4, o programa de otimização mostrou que o ideal para o produto seria a venda do total colhido no subperíodo 5 e posterior aquisição nos subperíodos 8; 9 (os menores preços de compra praticados no mercado em todos os subperíodos) e 12 para alimentação dos animais e comercialização. No subperíodo 13 o programa indicou a venda do restante do produto armazenado (melhores preços de venda segundo os dados coletados) e, a partir daí, aquisições somente para alimentação dos animais sem fazer estoque.

Esta situação, de comprar somente o que será fornecido para os animais, sem estocar, é similar ao ocorrido com o resíduo de milho. Neste caso, o custo que incide sobre o produto diz respeito somente a movimentação interna na fazenda, ou seja, incide apenas o custo de braçagem, considerando que o produto já é adquirido na forma limpa e seca (ver detalhes na tabela 3.3).

A movimentação otimizada na propriedade do resíduo de soja está na Figura 4.5. O produto originado no local permaneceu armazenado até o subperíodo 12. No subperíodo seguinte o programa indicou que se deveria vender todo o produto disponível resguardando a parcela que seria utilizada na alimentação dos animais confinados. Não foi indicada a aquisição de produto no mercado.

O sorgo teve uma produção de 2.700 toneladas. O manejo otimizado desta produção indicou que o melhor seria reservar a parcela necessária para o confinamento e vender o restante logo após a colheita. Foi detectado que vender a quantidade de produto disponível para tal nesta ocasião geraria maior receita que vender nos subperíodos subsequentes. Conseqüentemente permaneceu armazenado apenas o suficiente para o confinamento.

Nos subperíodos seguintes ocorreram transações de pequenas quantidades, sendo todas baseadas no ajuste necessário no estoque destinado à alimentação animal. No subperíodo 12 ocorreu a compra de 15 toneladas do produto e aquisições parceladas de 2,5 toneladas a partir do subperíodo 16, sem a realização de estoque.

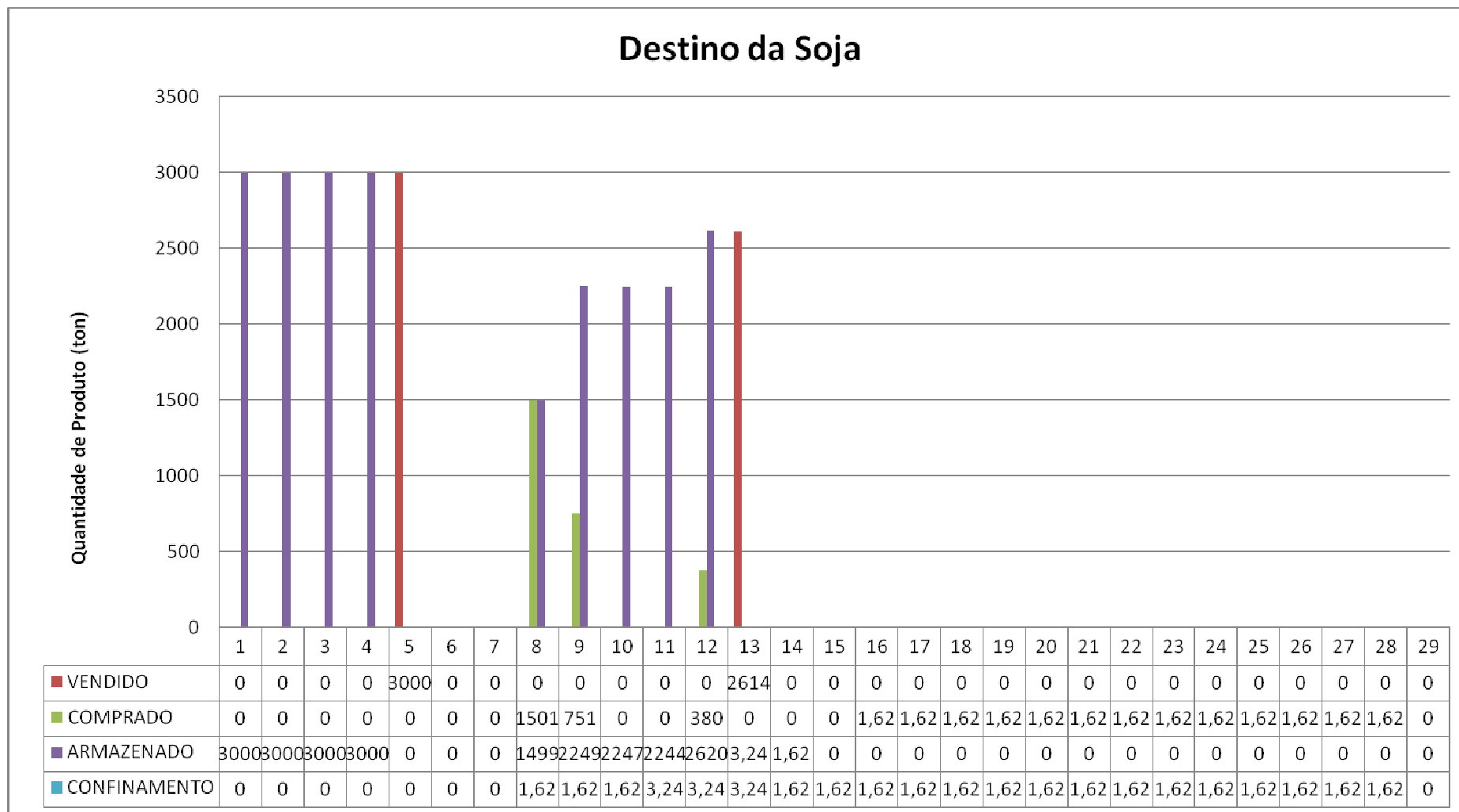


Figura 4.4. Operações realizadas com soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

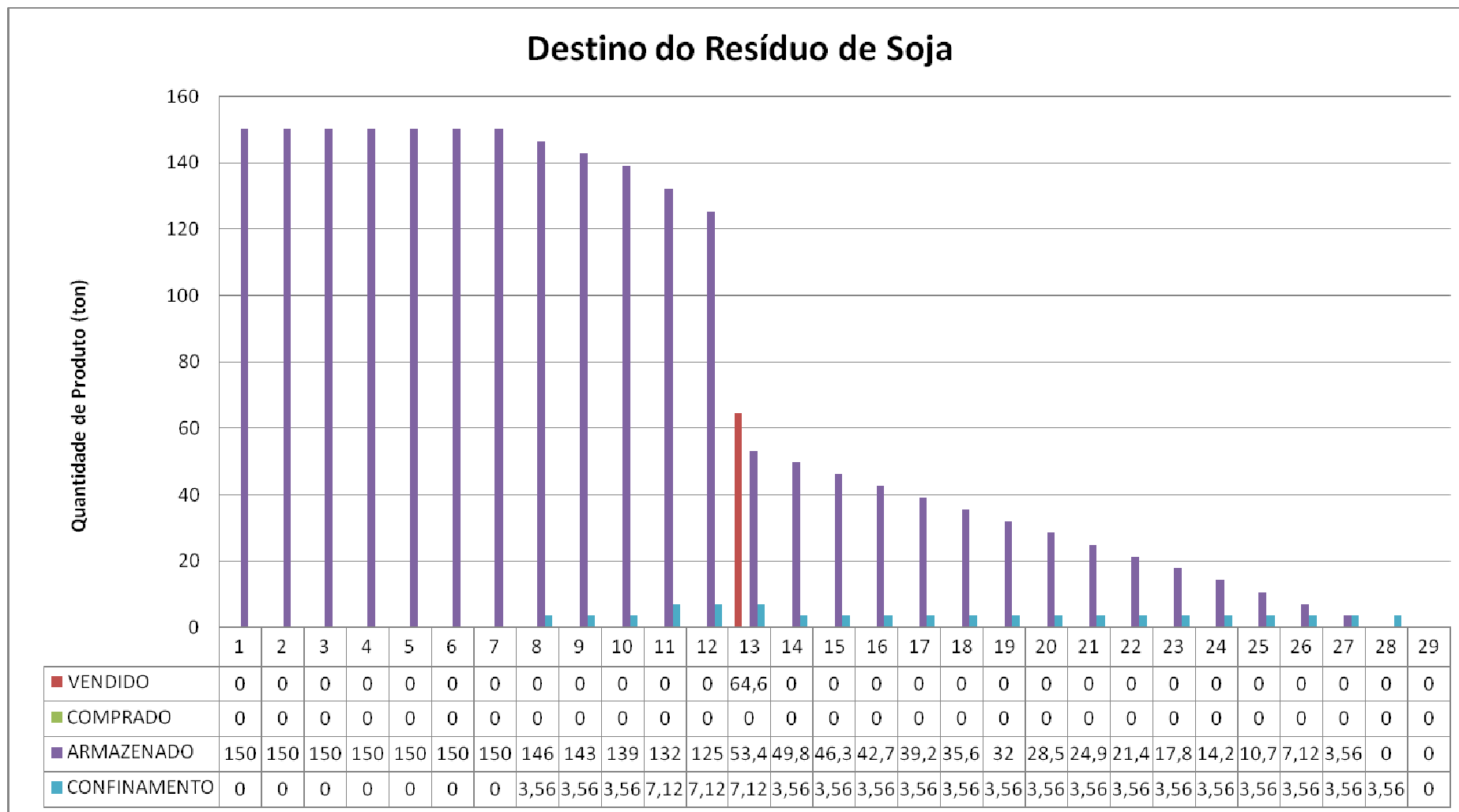


Figura 4.5. Operações realizadas com resíduo de soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

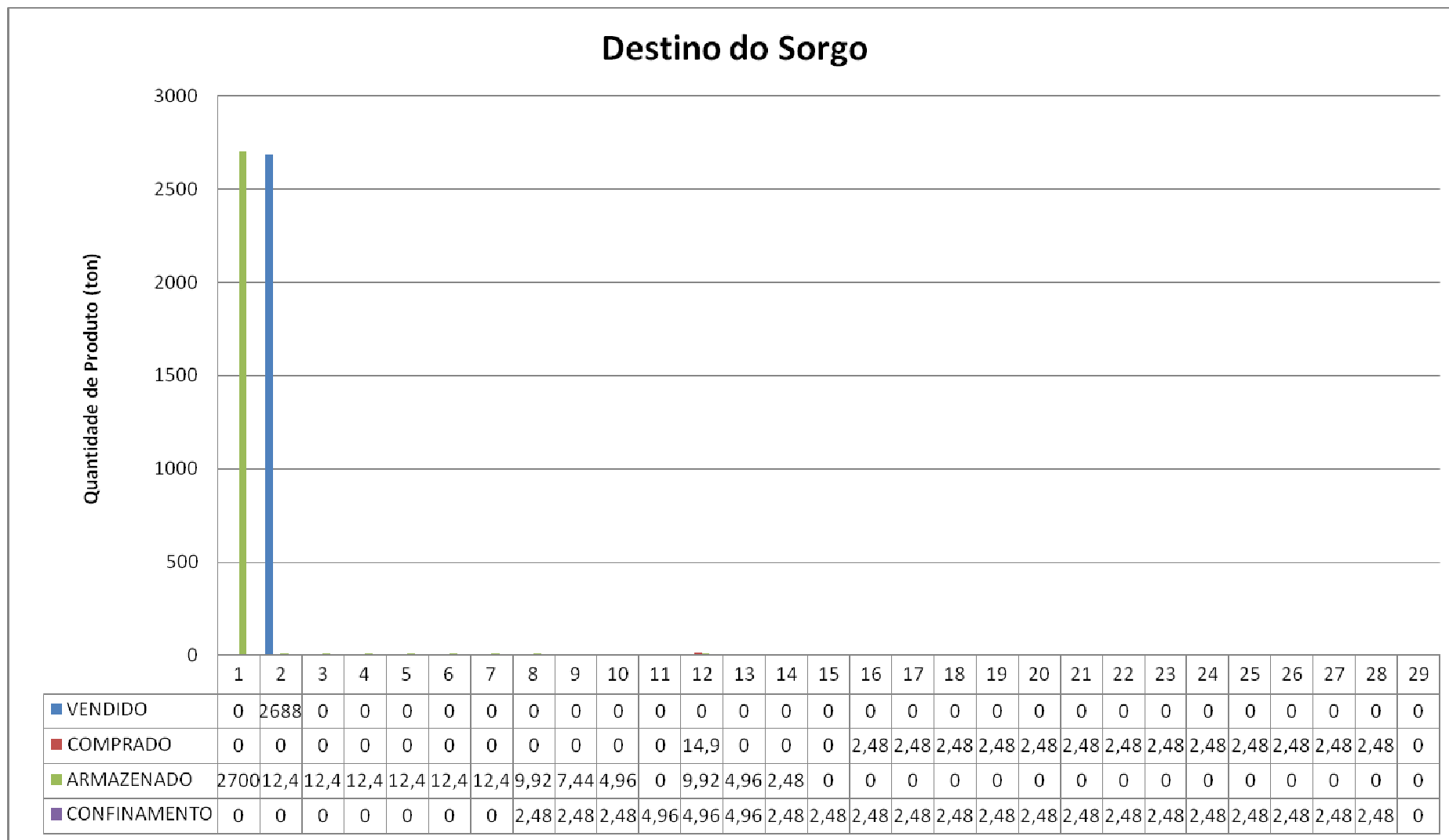


Figura 4.6. Operações realizadas com sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

A otimização da destinação dos resíduos de sorgo no sistema integrado está representada na Figura 4.7. As operações ótimas para o produto são semelhantes às aquelas indicadas para o sorgo. Venda do produto disponível para tal logo após sua obtenção, reservando o necessário para o confinamento, e, conforme a evolução prevista para os preços de compra do mercado, aquisições parceladas para o confinamento sem realizar estoques.

Conforme mostrado, na Tabela 3.3, o feijão, como o milho, não compõe a dieta dos animais confinados. Desta forma sua produção seria inteiramente destinada à comercialização. A otimização deste processo está mostrada na Figura 4.8. Inicialmente o programa recomendou a venda de toda produção da propriedade logo após a colheita. No décimo subperíodo verificou-se um aumento do preço de venda (Tabela 3.4), detectada pela otimização. Para aproveitar esta oportunidade, o programa recomendou aquisições parceladas a partir do subperíodo 5 (conjuntos de subperíodos em que se observou preços reduzidos para aquisição). Situações semelhantes ocorreriam posteriormente nos subperíodos 16, 17 e 19 em que o programa recomendou aquisição e venda.

A Figura 4.9 mostra a sequência otimizada para as operações que deveriam ser realizadas com o resíduo de feijão. O produto apresentaria comportamento semelhante ao do feijão, desta forma as decisões tomadas para a comercialização foram semelhantes, ou seja, vendeu-se toda a produção logo no início, comprou-se no subperíodo 5 ao 9 vendendo praticamente todo o estoque no subperíodo 10 (mantendo-se apenas o destinado ao confinamento). Pequenas quantidades seriam adquiridas nos subperíodos seguintes com uma aquisição maior nos subperíodos 17 e 18 para posterior venda no subperíodo 19. Nos subperíodos finais ocorreriam aquisições parceladas somente para o confinamento, aproveitando o baixo preço de mercado para compra do produto.

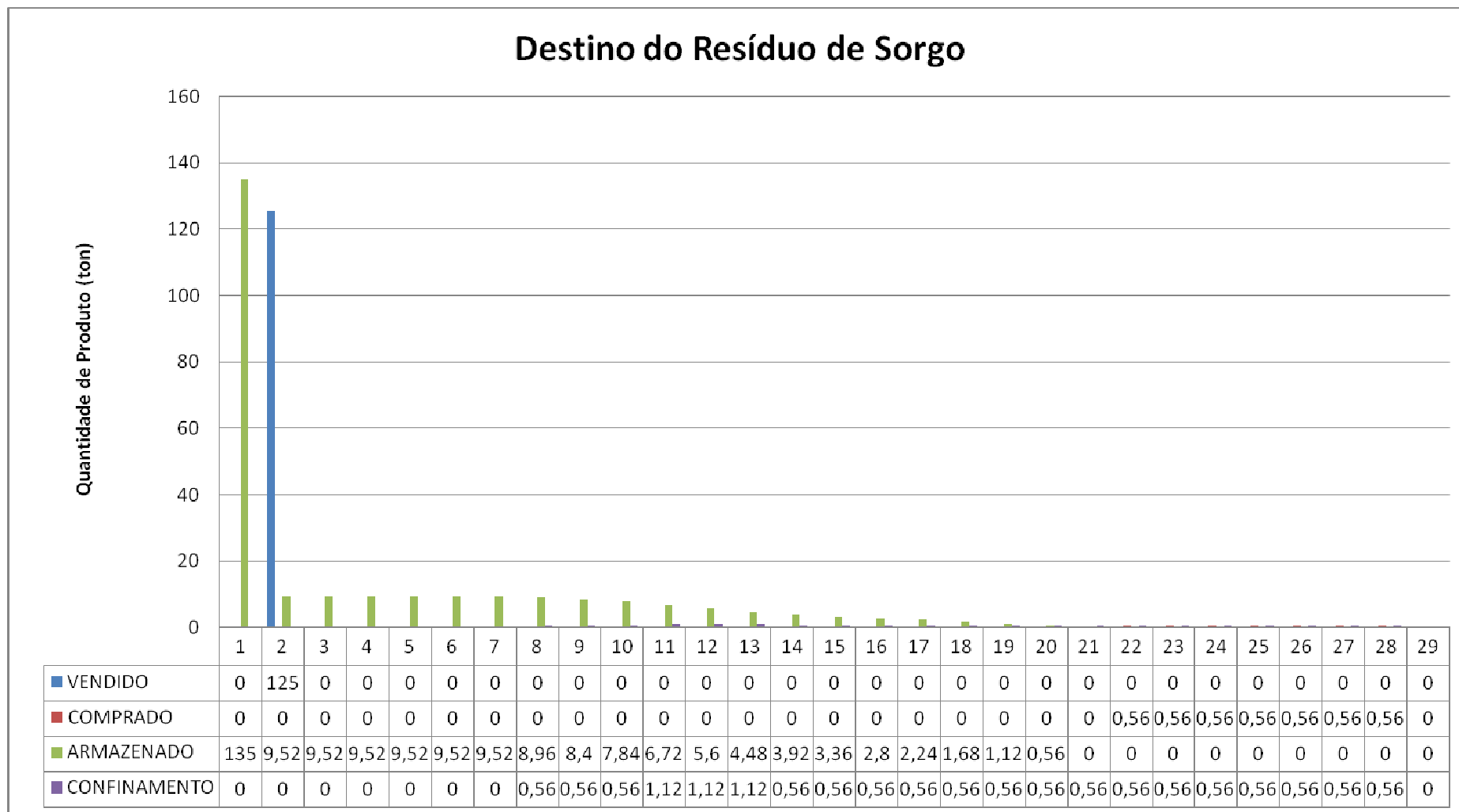


Figura 4.7. Operações realizadas com resíduo de sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

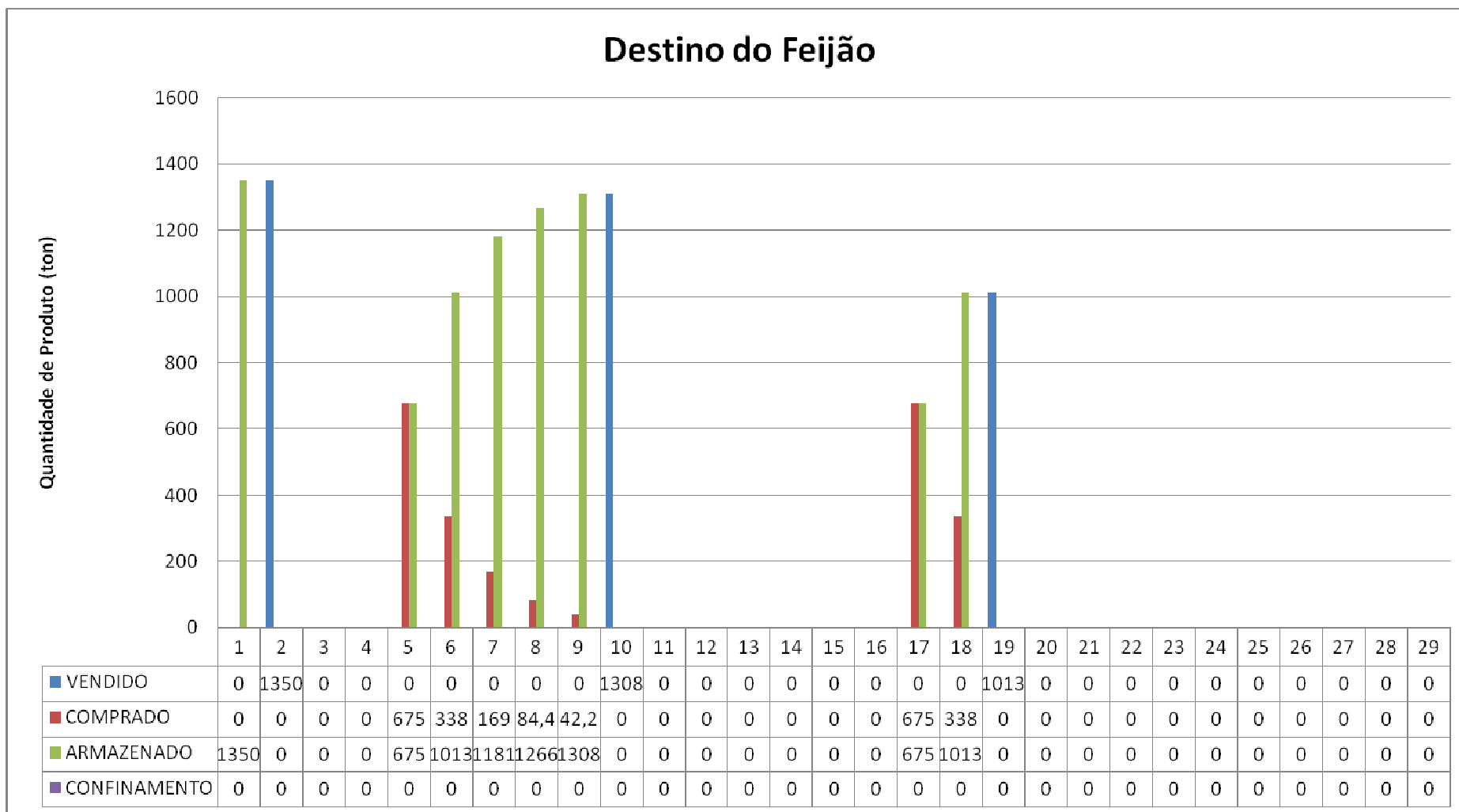


Figura 4.8. Operações realizadas com feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

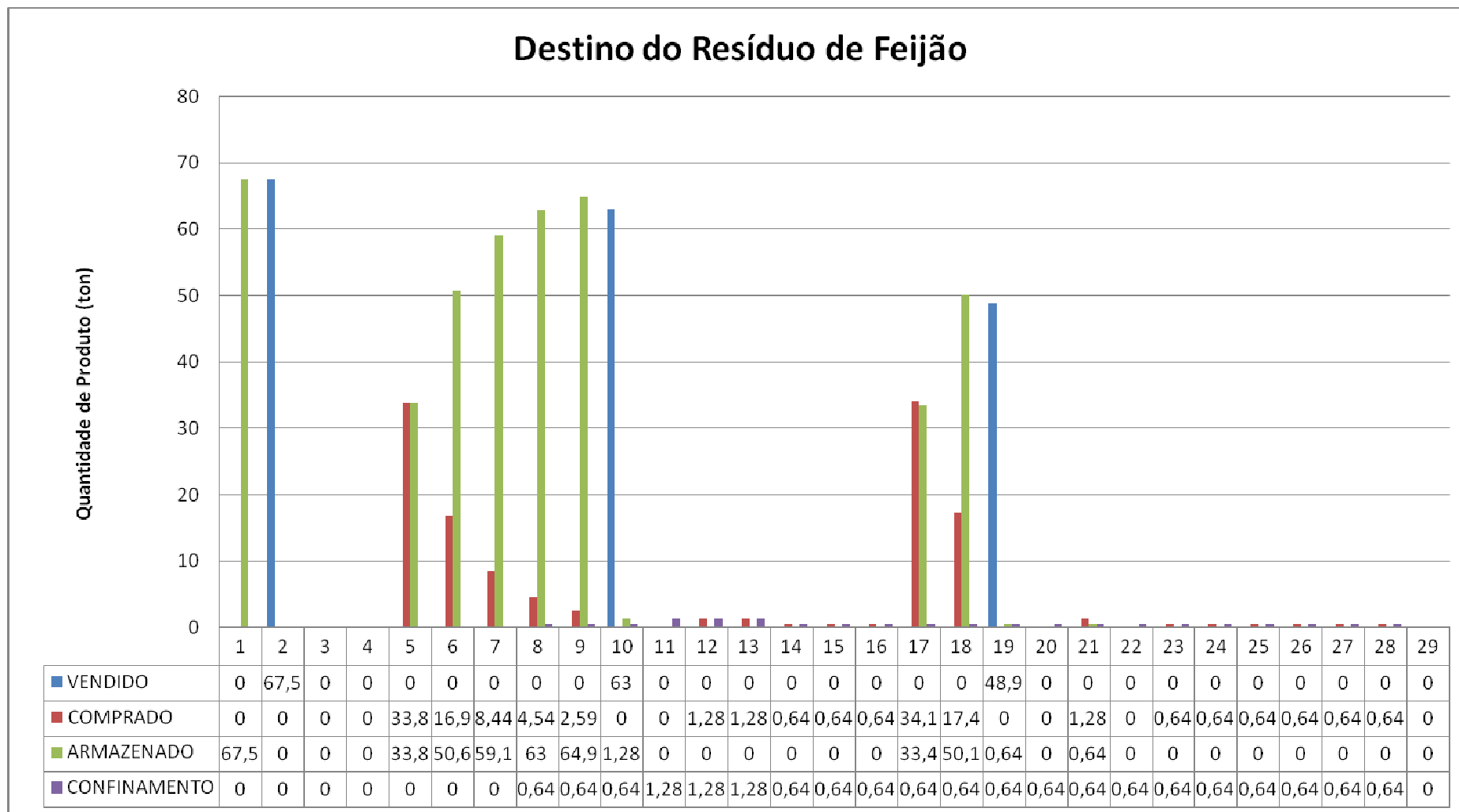


Figura 4.9. Operações realizadas com resíduo de feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1

O manejo otimizado da silagem produzida esta representado na Figura 4.10. Observa-se que a recomendação do programa foi a retenção de toda a produção aguardando o melhor momento para venda, ocorrida no subperíodo 24, quando o produto atingiu o maior preço de venda no mercado (Tabela 3.5).

Pequenas aquisições forma recomendadas nos subperíodos 8, 9, 14, 15, 18, 22 e 23 como forma de repor o estoque visando a situação ótima. Após a venda do subperíodo 24 mais duas aquisições foram feitas para uso no confinamento, somente.

4.2 CENÁRIO 2: OTIMIZAÇÃO PURA

Neste cenário a otimização foi realizada considerando os dados originais do Capítulo anterior, sem nenhuma restrição quanto ao número mínimo de animais confinados. O resultado mostrado pelo programa de otimização foi de que não se deveria realizar confinamento em nenhum momento. Todas as atividades na propriedade deveriam se concentrar na comercialização (compra e venda) dos produtos agrícolas. Para este cenário o valor presente obtido para a receita líquida que a otimização forneceu foi igual a R\$4.636.319,00. Este valor é superior em 3,98% em relação ao Cenário 1 (com 200 animais confinados, no mínimo, em cada subperíodo).

A seguir as operações ótimas para cada produto serão analisadas. Para os produtos milho e feijão as situações se repetem, em relação ao cenário anterior, uma vez que os mesmos não fazem parte da alimentação animal. Para resíduo de milho, Figura 4.11, a indicação para o melhor momento de venda é logo após sua obtenção na pré-limpeza.

Para a soja, Figura 4.12, a otimização mostrou que as operações entre os dois cenários seriam muito similares quanto ao período mais indicado para as operações de

comercialização. A diferença é que, no Cenário 1, foram realizadas aquisições parceladas destinadas ao confinamento.

A Figura 4.13 apresenta a comercialização ótima do resíduo de soja. Neste caso, o ideal seria reter o produto até o subperíodo 12 para comercializá-lo no seguinte. Para o sorgo e resíduo do sorgo, Figuras 4.14 e 4.15, respectivamente a otimização recomenda vendê-los no início das atividades.

No caso do resíduo de feijão, Figura 4.16, a otimização mostrou que as atividades preponderantes, de compra e venda, seriam similares às aquelas mostradas no Cenário 1. Situação semelhante é a da silagem (Figura 4.17), em que o produto ficaria retido na propriedade e seria vendido integralmente no subperíodo 24 (maior preço verificado para venda).

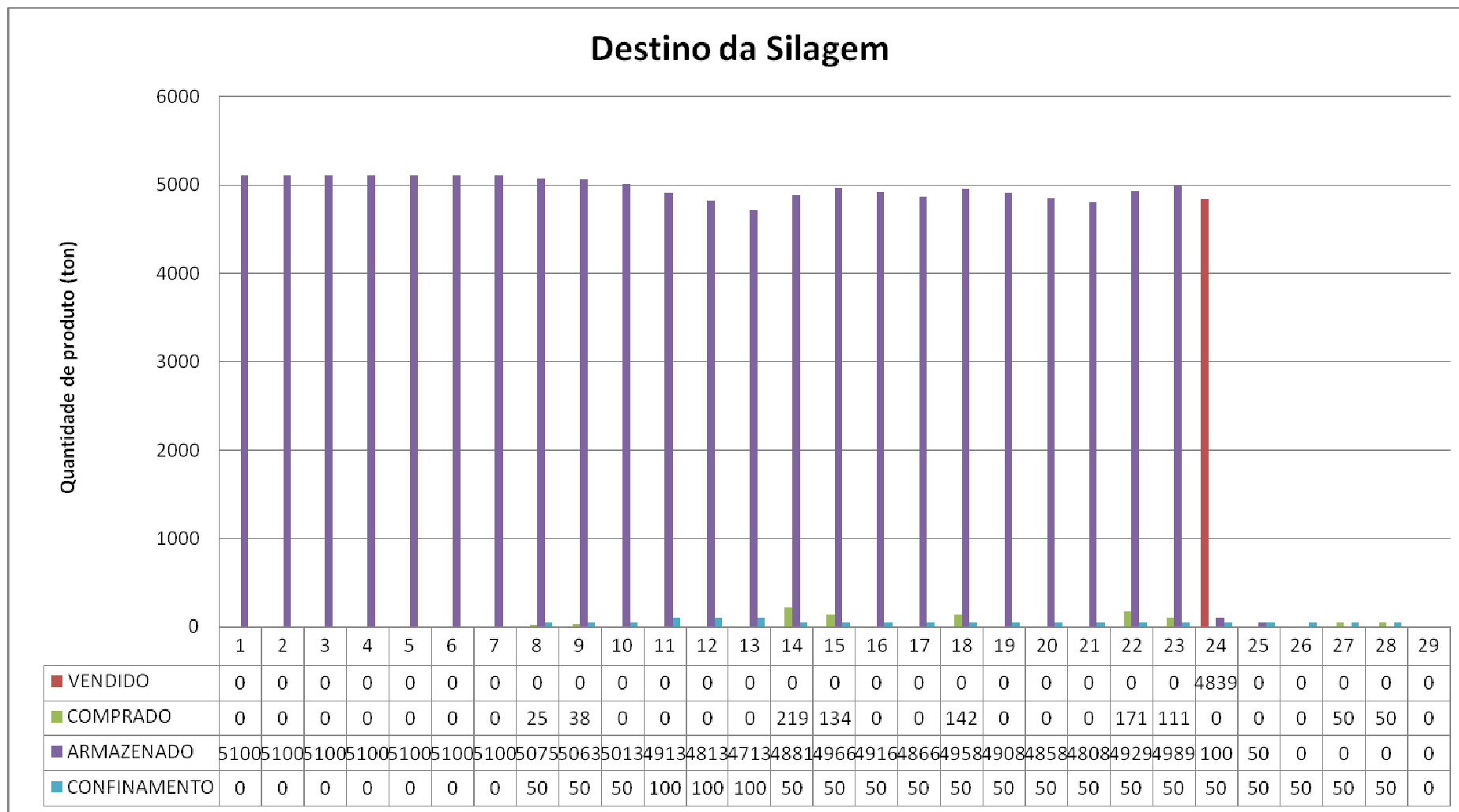


Figura 4.10. Operações realizadas com silagem de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 1



Figura 4.11. Operações realizadas com resíduo de milho em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2

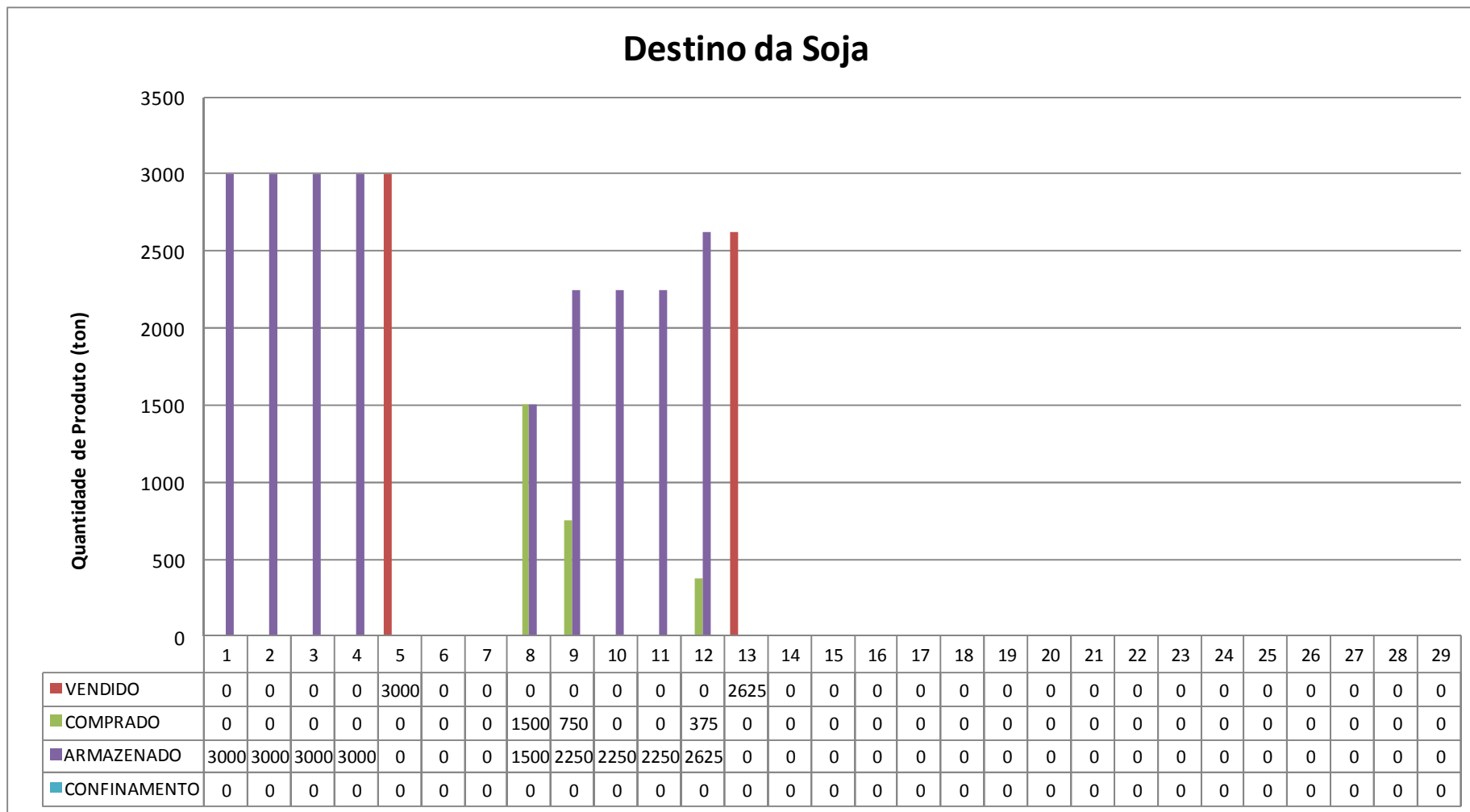


Figura 4.12. Operações realizadas com soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2

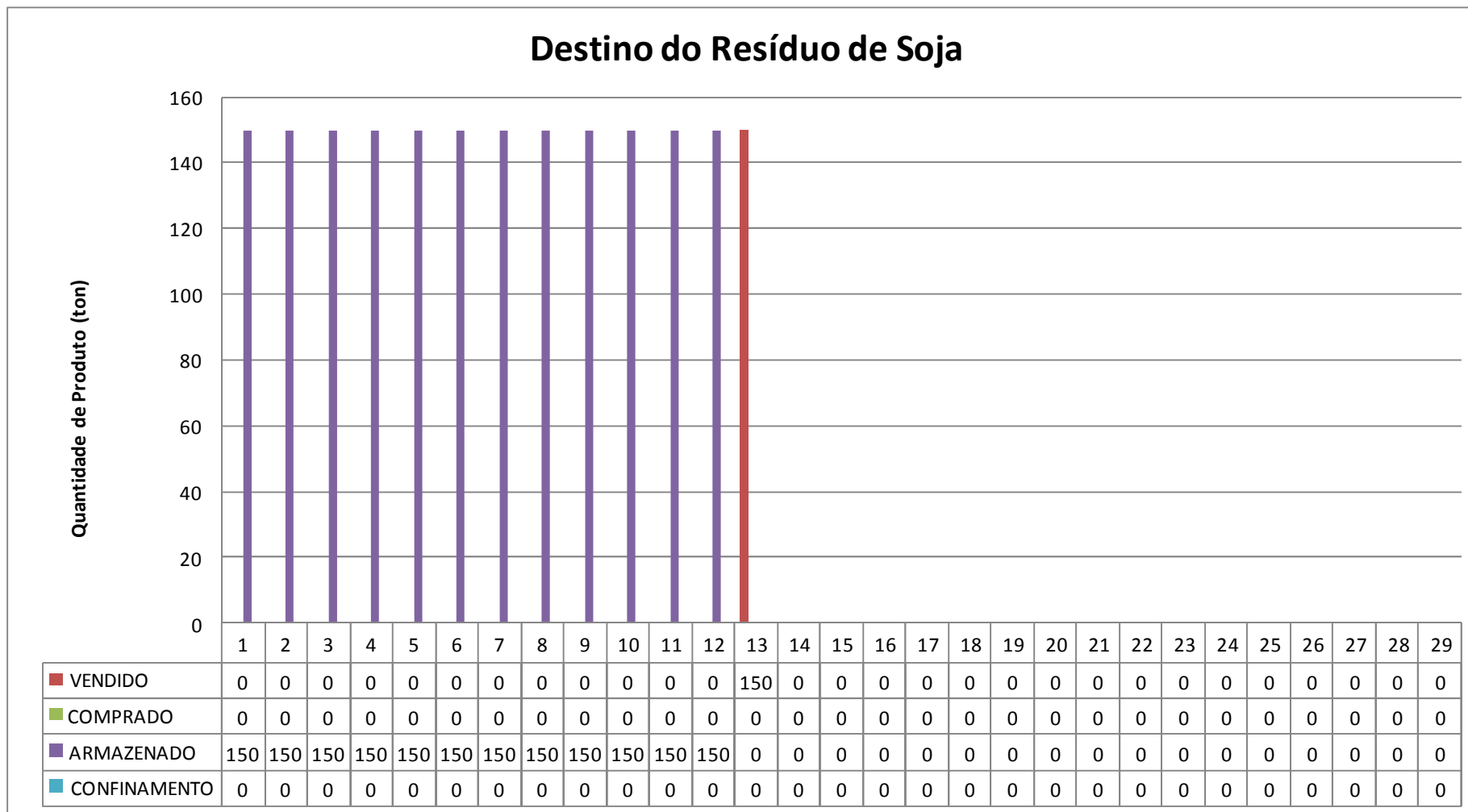


Figura 4.13. Operações realizadas com resíduo de soja em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2



Figura 4.14. Operações realizadas com sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2



Figura 4.15. Operações realizadas com resíduo de sorgo em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2

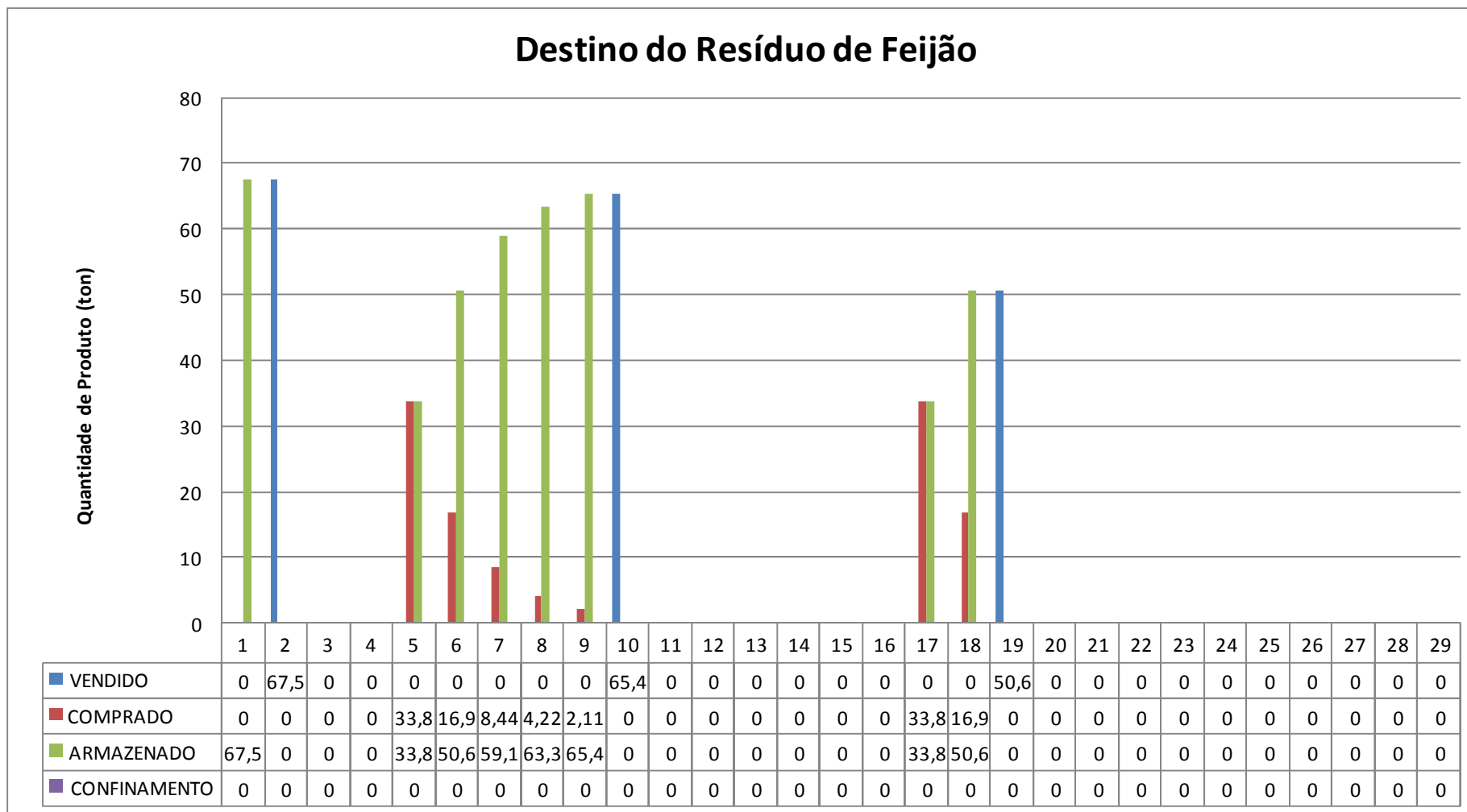


Figura 4.16. Operações realizadas com resíduo de feijão em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2

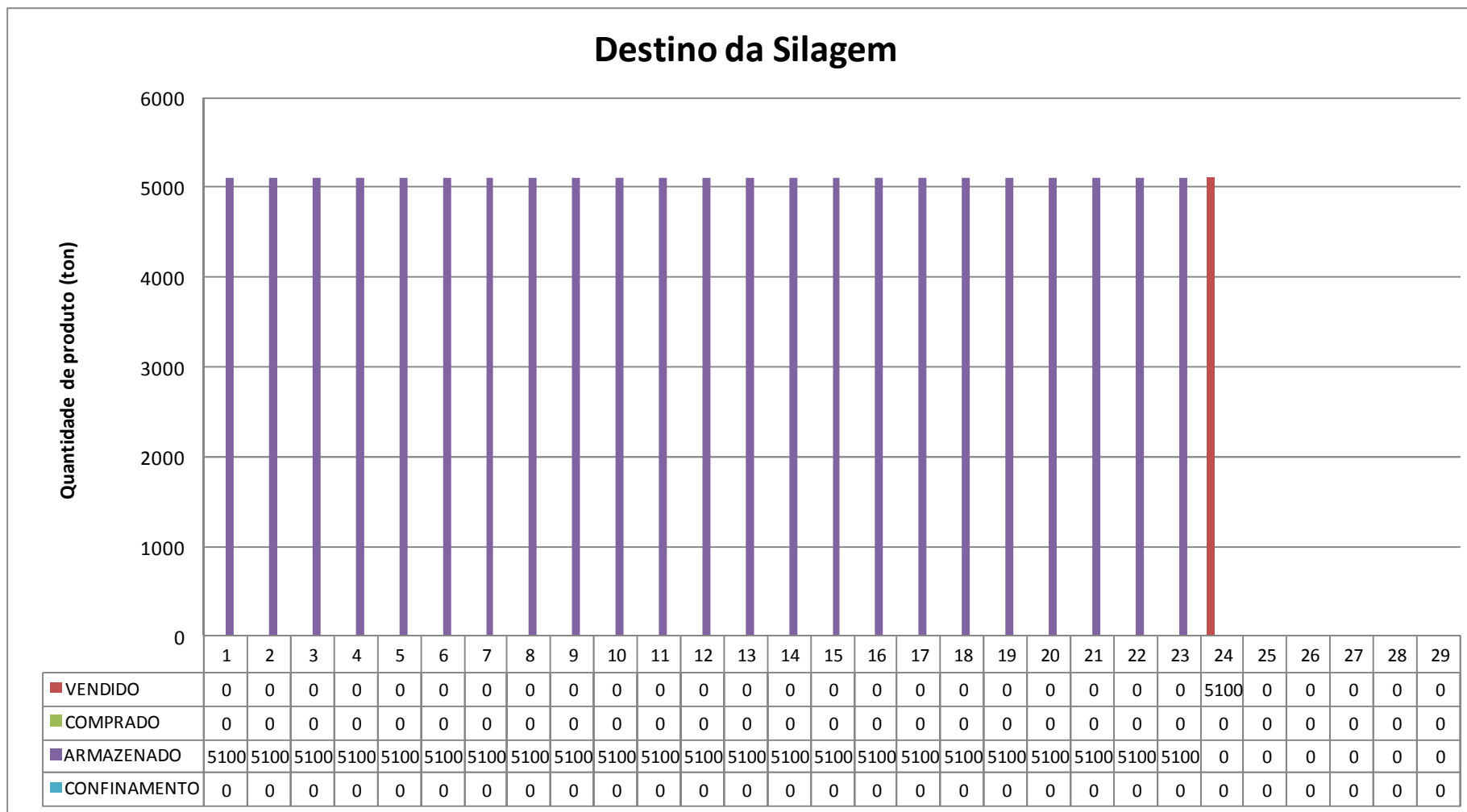


Figura 4.17. Operações realizadas com silagem em cada subperíodo, de 20/02/2008 (subperíodo 1) a 05/12/2008 (subperíodo 29) – Cenário 2

4.3 AVALIAÇÃO DO MODELO

O modelo matemático de programação linear multiperíodica utilizado se mostrou um instrumento adequado para realizar análises e gerar resultados produtivos em sistemas agropecuários integrados. Os resultados do fluxo de cada produto devem ser analisados de forma sistêmica, ou seja, as informações geradas pelo modelo são provenientes da interação de todos os processos em todos os períodos. Dessa forma pode-se dizer que o modelo desenvolvido serviu para o nosso estudo otimizando o sistema agropecuário.

Este tipo de trabalho busca auxiliar os produtores no planejamento do processo produtivo, fornecendo ferramentas para que eles tomem decisões adequadas para a viabilidade econômica e maximização dos lucros. O modelo pode ser de grande utilidade quando se deseja tomar decisões antes de se iniciar o investimento, através da utilização de previsões de custos e de cotações de preços do mercado futuro. Dessa forma, o empresário rural tem um maior controle do fluxo produtivo, escolhendo exatamente o que e quando produzir ao longo daquele período analisado.

Cabe destacar que é amplo o leque de estudos que podem ser desenvolvidos enfocando a integração entre a produção agrícola e o confinamento de bovinos. Entre eles cita-se:

- Ampliação do escopo da otimização de forma a caracterizar no objeto do estudo as práticas agrícolas, os tipos de cultivo e área para tal, os custos de mão de obra e mecanização entre outros.
- Aplicação de outras metodologias de otimização com destaque para a programação dinâmica. Esta ferramenta da pesquisa operacional lida com a otimização de processos que evoluem em estágios, como é o caso do objeto deste trabalho em que as ações de

comercialização e confinamento foram escalonadas em intervalos de tempo nos quais se decide as ações mais adequadas em cada um.

- Levantamento acurado dos coeficientes tecnológicos utilizados nos modelos de otimização.

5 CONCLUSÕES

O modelo matemático de otimização desenvolvido e o programa computacional implementado a partir deste forneceram uma sequência detalhada das operações integrando as ações de comercialização e gerenciamento do confinamento. A programação linear multiperiódica, base do modelo matemático, mostrou-se um instrumento eficiente na otimização de sistemas agropecuários integrados, propiciando agilidade no processamento e respostas de fácil entendimento. Os resultados mostraram a viabilidade da aplicação desta ferramenta em empresas com este perfil, propiciando um melhor gerenciamento das atividades por meio do estudo de cenários elaborados de forma a refletir a realidade das propriedades estudadas.

Trabalhou-se com informações coletadas junto aos proprietários, cooperativas, instituições públicas e privadas. Os resultados fornecidos pelo modelo de otimização, a partir desses dados, indicaram que o melhor seria trabalhar apenas com produção e comercialização agrícola. Em uma condição ótima, estes resultados exprimem a lógica de que as margens de lucro da agricultura são maiores que a do confinamento bovino, sendo mais vantajoso economicamente comercializar os grãos e resíduos do que confinar os animais e utilizar estes produtos como componentes da dieta de terminação. Este resultado de não confinar pode ser explicado pelos seguintes fatores: alto custo de produção dos animais, elevado valor de aquisição e baixo valor de venda dos mesmos.

A análise econômica da terminação de gado de corte em confinamento foi realizada com os dados coletados da própria empresa no ano de 2008. A atividade, de forma isolada, apresentou resultado econômico positivo, tendo condições de se manter ao longo prazo se continuar com um planejamento adequado. Concluiu-se que os componentes do custo operacional efetivo que

exerceram maior influência sobre os custos de produção desta atividade foram, em ordem crescente, impostos (0,07%), sanidade (0,41%), mão-de-obra (0,86%), despesas diversas (1,76%), alimentação (19,19%) e aquisição de animais (77,70%). Diante deste pressuposto, foi elaborado um cenário alternativo restringindo uma quantidade mínima de animais a serem confinados, aproveitando assim as instalações que a propriedade possui para confinamento.

Neste cenário alternativo de otimização tomou-se como restrição um confinamento mínimo de 200 animais em todos os subperíodos considerados para confinamento (maio a novembro). O resultado foi uma redução igual a 3,98% em comparação com a otimização pura.

A potencialidade do modelo e do programa pode ser explorada na composição de cenários otimizados e posterior comparação entre os mesmos. Entretanto, a eficácia desta aplicação, na prática, deve estar associada a metodologias eficientes de previsão de custos e preços bem como de políticas e práticas associadas a mercados futuros tais como modelos estatísticos e séries temporais.

Espera-se que o conhecimento formulado seja divulgado em meio acadêmico e principalmente que retorne para este tipo de empresa, possibilitando assim, o estreitamento do vínculo acadêmico-empresarial.

6 REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Disponível no site <http://www.abiec.com.br/>. Acessado em agosto de 2009.
- AGROANALYSIS. São Paulo. Pecuária: **Confinamento X Semiconfinamento**. p. 36-39. Out., 2004.
- ANUALPEC. Anuário da pecuária brasileira. **Agra FNP Pesquisas Ltda**. 360p. 2009.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**: métodos e modelos para análise de decisão. 2ª ed. 276p. 1998.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**: para cursos de engenharia. Editora Elsevier, 3ª reimpressão. Rio de Janeiro, 524p. 2007.
- AZEVEDO, P. F. Comercialização de Produtos Agroindustriais. In: BATALHA, M. O. et al. (Coord.) **Gestão agroindustrial: Gepai: Grupo de estudos e pesquisas agroindustriais**. 1 ed. Vol. 1. São Paulo: ed. Atlas, 1997. p. 49 - 82.
- BARIONI, L. G.; VELOSO, R. F.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Modelos de tomada de decisão para produtores de ovinos e bovinos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO ANIMAL: Modelos para a tomada de decisões na produção de bovinos e ovinos. **Anais...** Santa Maria: UFSM, p. 5-58, 2002.
- BARIONI, L. G.; FERREIRA, A. C.; RAMOS, A. K. B.; MARTHA JUNIOR, G. B.; SILVA, F. A. M.; LUCENA, D. A. C. Planejamento alimentar e ajustes de taxa de lotação em fazendas de pecuária de corte. **II SIMBOI – Simpósio sobre desafios e novas tecnologias na bovinocultura de corte**, Brasília, DF. 31p. 2006.
- BATALHA, M. O. Sistemas Agroindustriais: Definições e Correntes Metodológicas. In: BATALHA, M. O. et al. (Coord.) **Gestão agroindustrial: Gepai: Grupo de estudos e pesquisas agroindustriais**. 1 ed. Vol. 1. São Paulo: ed. Atlas, 1997. p. 23 – 48.
- BELLMAN, R. E. **Dynamic programming**. Princeton Univ. Press, 1957.
- BERNARDES, M. S. Modelagem matemática aplicada à agricultura. FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL, 2000**. Anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2000.
- BERTALANFFY, L.V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. 2ª ed. Editora Petrópolis, Vozes; Brasília, 351p. 1975.

BRENNAN, R. W.; HOFFMAN, M. P. Computer simulation of a cattle feedlot production system. **Journal of Animal Science**. 67: 1116 – 1127, 1989.

BRUNI, A.L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços** : com aplicações na calculadora HP 12 C e Excel. (Série finanças na prática) - 2 ed. São Paulo : Atlas, 535p. 2003.

BURGI, R. *Curso Online* Confinamento: manejo para aumento da produtividade: Módulo I – Confinamento como Negócio. **Agripoint Consultoria Ltda**, 2008.

CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. Piracicaba. V.1, 212p. 2000.

CARDOSO, E. G. **Engorda de bovinos em confinamento**. Campo Grande, MS : EMBRAPA – CNPGC (documento, 64). 36p. 1996.

CASTRO, A.M.G.; PAEZ, M.L.A.; COBBE, R.V.; GOMES, D.T. GOMES, G.C. - Demanda: Análise Prospectiva do Mercado e da clientela de P&D em Agropecuária. In. **Gestão de Ciência e Tecnologia: Pesquisa Agropecuária** (ed. Wenceslau Goedert, Maria Lucia D'Apice Paez, Antônio Maria Gomes de Castro) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Brasília: Embrapa-SPI, 1994.

CASTRO, A.M.G. de, COBBE, R.V., GOEDERT, W.J. **Prospecção de demandas tecnológicas - Manual metodológico para o SNPA**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia. Brasília: Embrapa-DPD, março, 82 p. 1995.

CEPEA-ESALQ/USP. Centro de Estudos e Pesquisas em Economia Aplicada. **Cadeia Agroindustrial do Boi**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/boi/cadeia_boi.pdf>. Consultado em setembro de 2006.

CEPEA-USP/CNA. **Participação do agronegócio agricultura e agronegócio pecuária**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/> consultado em agosto de 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Metodologia de Cálculo dos Custos de Produção. Disponível em: www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf. 2007.

COOPADF – **Cooperativa Agropecuária da região do Distrito Federal LTDA**. BR 251, KM 07 PAD/DF – Brasília. Agosto 2009.

DEVENDRA, C. Crop-Animal systems in Asia: future perspectives. **Agricultural Systems**, Volume 71, Issues 1-2, Pages 179-186. January-February 2002.

DEVENDRA, C.; THOMAS, D. Crop-animal interactions in mixed farming systems in Asia. **Agricultural Systems** Volume 71, (27-40) 14p. 2002.

DIAS, Alexandre R. Barreiras não-tarifárias às exportações de carne bovina do Rio Grande do Sul sob a ótica do sistema integrado agronegocial (SIAN). 215 p. **Dissertação (Mestrado em Agronegócio)** – Programa de Pós-Graduação em Agronegócio, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

EMATER – **Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural**. Informações do próprio escritório, localizado no PAD/DF. 2009.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1996.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Editora Nova Fronteira 1ª edição (8ª impressão). Rio de Janeiro, 1991.

FERREIRA, M. M.; FERREIRA, A. C. M.; EZEQUIEL, J. M. B. Avaliação econômica da produção de bovinos confinados: estudo de caso. **Informações Econômicas**, SP, v.34, n.7, jul. 2004.

FIALHO, F. B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, Porto Alegre, **Anais...** p. 307 – 317, 1999.

GLEN, J. J. A mathematical programming approach to beef feedlot optimization. **Management Science**. vol. 26, n. 5, pags. 524 – 535, 1980.

GLEN, J. J. A linear programming model for an integrated crop and intensive beef production enterprise. **Journal of Operational Research Society**. vol 37, n. 5, pags. 487 – 494, 1986.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 6. ed. São Paulo: Pioneira, 325 p. 1987.

HOLANDA, S. B. et al. **A época colonial: administração, economia, sociologia**. 2 ed. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1968.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Consultado em agosto de 2008.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Consultado em outubro de 2009.

JONADET, G. E.; CARTWRIGHT, T. C. Modeling beef production systems. **Journal of Animal Science**. 41: 1238 – 1246, 1975.

KENNEDY, J. O. S. Applications of dynamic programming to agriculture, forestry and fisheries: review and prognosis. **Review of Marketing and Agricultural Economics**. Vol. 49, n. 3, december, 1981.

LACORTE, A. J. F. Principais aspectos do confinamento de gado de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE: NOVOS CONCEITOS NA PRODUÇÃO BOVINA, 2002, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 81-107, 2002.

LASZLO E. **The Systems View of the World: A Holistic Vision for Our Time.** What is a System? P. 15-21, 1932.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. M. Custo de produção do gado de corte. Lavras: UFLA, 47p. 2002. (**Boletim Agropecuário**, 47).

LOPES, M. A.; MAGALHÃES, G. P. Rentabilidade na terminação de bovinos de corte em confinamento: Um estudo de caso em 2003, na região oeste de Minas Gerais. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v.29, n.5 p. 1039-1044, set./out., 2005.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARION, J. C. **Contabilidade da pecuária.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARQUES, D. C. **Criação de Bovinos.** 7. Ed. Ver., atual e ampl. Belo Horizonte – CVP (Consultoria Veterinária e Publicações) 586p. 2003.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; ANTUNES, J. F. G.; OLIVEIRA, M. D. M.; OKAWA, H. Custos: Sistema de custos de produção agrícola. **Informações Econômicas**, SP, v.24, n.9, set. 1994.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

MEDEIROS, H. R. Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens. **Tese de Doutorado.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 112p. 2003.

MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S. Programação linear na simulação e tomada de decisão em um sistema de produção animal. **Arch. Zootec.** 56 (216) : 935 – 938. 2007.

MEYER, C. F.; NEWETT, R. J. Dynamic programming for feedlot optimization. **Management Science.** Vol. 16, n. 6. February, 1970.

MICHELS, I. L.; SPROESSER, R. L.; MENDONÇA, C. G. **Cadeia produtiva da carne bovina de mato grosso do sul.** Campo Grande: Oeste, 2001.

MISERANI, L. J. G. Estudo do problema de maximização de lucros aplicado à produção de bovinos de corte. **Monografia do curso de Ciência da Computação**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência da computação, Minas Gerais, 67p. 2002.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; RODRIGUES, L.; CAIXETA FILHO, J. V. Otimização do planejamento do período de comercialização de produtos agrícolas utilizando a prática de armazenagem: um estudo de caso. **Trabalho apresentado no XLIII Congresso da SOBER, Anais...** Ribeirão Preto, SP, Brasil. Julho, 2005.

MOREIRA, S. A.; SILVA, I. S.; ANDRADE, J. S. D.; FERREIRA, P. S.; BOTELHO FILHO, F. B. Análise econômica da terminação de gado de corte em confinamento: Um estudo de caso no Goiás. **Apresentação Oral no XLVII Congresso da SOBER, Anais...** Porto Alegre, RS, Brasil. Julho, 2009.

NASSAR, A. M. Eficiência das associações de interesse privado nos agronegócios brasileiros. 248 p. **Dissertação (Mestrado em Administração)** – Programa de Pós- Graduação em Administração, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

NETO, A. C. E. *Curso On-line* Gestão da empresa pecuária: Módulo III - Planejamento Geral. **Instituto de Estudos Pecuários (IEPEC)**. 62p. 2009.

OLIVEIRA, J. E. G. Planejamento otimizado da alimentação para um sistema de produção de equínos em pastejo. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. **Dissertação de Mestrado**, 93p. 2007.

PEIXOTO, A. M.; HADDAD, C. M.; BOIN, C. BOSE, M. L. V. **O confinamento de bois**. 4.ed. São Paulo: Globo, 1989.

PRADO, D. S. do. **Programação linear**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 220p. (Série Pesquisa Operacional, Vol. 1). 2003.

PY, C. F. R. **Pecuária de corte: projetos de desenvolvimento**. Guaíba: Agropecuária, 1995.

REIS, D. L. dos. Estudo técnico e econômico da propriedade rural. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 143, p. 23-38, 1986.

SACHS, R. C. C.; MARGARIDO, M. A. Análise da volatilidade dos preços do boi gordo no Estado de São Paulo: Uma aplicação dos modelos ARCH/GARCH. **Instituto de Economia Agrícola**, São Paulo, SP, Brasil. Apresentação Oral no XLV Congresso da SOBER, Londrina, julho 2007.

SANTOS, G. J dos; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. 3 ed. São Paulo : Atlas, 165p. 2002.

SHAMBLIN, James E; G. T. Stevens, Jr. **Pesquisa Operacional**: uma abordagem básica. Tradução de Carlos Roberto Vieira de Araújo. São Paulo: Atlas, 426p. 1979.

SOUZA, J. S. I. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**. Esterco de Curral, páginas 124 e 125, 2004.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>>. Consultado em setembro de 2009.

VELOSO, R. F.; BARIONI, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Emprego de modelos matemáticos para pesquisa e gerenciamento de sistemas integrados de lavoura e pecuária. **Documentos 96 Embrapa**. Planaltina, DF, 22p. 2003.

WEDEKIN, V. S. P.; BUENO, C. R. F.; AMARAL., A. M. P. Análise econômica do confinamento de bovinos. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 9, p. 123-31, Set. 1994.

WIAZOWSKI, Bóris A. Dinâmica de Sistemas: Uma Aplicação à análise da Coordenação Vertical no Agronegócio da Carne Bovina. **Dissertação (Mestrado em Economia Rural)** – Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa. 125p. 2000.

YIN, R.K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. Tradução Daniel Grassi, 3 ed. Porto Alegre. Ed. Bookman, 212p., 2005.

7 ANEXOS

ANEXO A - Preço de venda dos produtos agrícolas (P_k) nos subperíodos de 1 a 14

Subperíodos		Índice dos subperíodos	Milho (R\$/ton)	Resíduo de milho (R\$/ton)	Soja (R\$/ton)	Resíduo de soja (R\$/ton)	Sorgo (R\$/ton)	Resíduo de sorgo (R\$/ton)	Feijão (R\$/ton)	Resíduo de feijão (R\$/ton)	Silagem de milho (R\$/ton)
		i	$P_{1,i}$	$P_{2,i}$	$P_{3,i}$	$P_{4,i}$	$P_{5,i}$	$P_{6,i}$	$P_{7,i}$	$P_{8,i}$	$P_{9,i}$
23/02/2008	29/02/2008	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/03/2008	10/03/2008	1	370,00	190,00	640,00	320,00	290,00	150,00	2.650,00	1.330,00	45,00
11/03/2008	20/03/2008	2	370,00	190,00	640,00	320,00	290,00	150,00	2.650,00	1.330,00	45,00
21/03/2008	30/03/2008	3	370,00	190,00	640,00	320,00	290,00	150,00	2.650,00	1.330,00	45,00
31/03/2008	09/04/2008	4	360,00	180,00	690,00	350,00	290,00	150,00	2.050,00	1.030,00	50,00
10/04/2008	19/04/2008	5	360,00	180,00	690,00	350,00	290,00	150,00	2.050,00	1.030,00	50,00
20/04/2008	29/04/2008	6	360,00	180,00	690,00	350,00	290,00	150,00	2.050,00	1.030,00	50,00
30/04/2008	09/05/2008	7	350,00	170,00	670,00	340,00	280,00	140,00	2.040,00	1.020,00	50,00
10/05/2008	19/05/2008	8	350,00	170,00	670,00	340,00	280,00	140,00	2.040,00	1.020,00	50,00
20/05/2008	29/05/2008	9	340,00	160,00	730,00	370,00	270,00	140,00	2.960,00	1.480,00	55,00
30/05/2008	08/06/2008	10	340,00	160,00	730,00	370,00	270,00	140,00	2.960,00	1.480,00	55,00
09/06/2008	18/06/2008	11	340,00	160,00	730,00	370,00	270,00	140,00	2.960,00	1.480,00	55,00
19/06/2008	28/06/2008	12	410,00	200,00	810,00	410,00	320,00	160,00	2.890,00	1.450,00	55,00
29/06/2008	08/07/2008	13	410,00	200,00	810,00	410,00	320,00	160,00	2.890,00	1.450,00	55,00
09/07/2008	18/07/2008	14	410,00	200,00	810,00	410,00	320,00	160,00	2.890,00	1.450,00	55,00

Fonte: COOPA-DF – Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal LTDA; CONAB (2009).

ANEXO B - Preço de venda dos produtos agrícolas (*P_k*) nos subperíodos de 15 a 28

Subperíodos		Índice dos subperíodos	Milho (R\$/ton)	Resíduo de milho (R\$/ton)	Soja (R\$/ton)	Resíduo de soja (R\$/ton)	Sorgo (R\$/ton)	Resíduo de sorgo (R\$/ton)	Feijão (R\$/ton)	Resíduo de feijão (R\$/ton)	Silagem de milho (R\$/ton)
		<i>i</i>	<i>P_{1,i}</i>	<i>P_{2,i}</i>	<i>P_{3,i}</i>	<i>P_{4,i}</i>	<i>P_{5,i}</i>	<i>P_{6,i}</i>	<i>P_{7,i}</i>	<i>P_{8,i}</i>	<i>P_{9,i}</i>
19/07/2008	28/07/2008	15	370,00	190,00	680,00	340,00	290,00	150,00	2.580,00	1.290,00	60,00
29/07/2008	07/08/2008	16	370,00	190,00	680,00	340,00	290,00	150,00	2.580,00	1.290,00	60,00
08/08/2008	17/08/2008	17	370,00	190,00	680,00	340,00	290,00	150,00	2.580,00	1.290,00	60,00
18/08/2008	27/08/2008	18	320,00	160,00	710,00	360,00	260,00	130,00	2.850,00	1.430,00	65,00
28/08/2008	06/09/2008	19	320,00	160,00	710,00	360,00	260,00	130,00	2.850,00	1.430,00	65,00
07/09/2008	16/09/2008	20	320,00	160,00	710,00	360,00	260,00	130,00	2.850,00	1.430,00	65,00
17/09/2008	26/09/2008	21	310,00	150,00	690,00	350,00	240,00	120,00	2.920,00	1.460,00	65,00
27/09/2008	06/10/2008	22	310,00	150,00	690,00	350,00	240,00	120,00	2.920,00	1.460,00	65,00
07/10/2008	16/10/2008	23	290,00	140,00	670,00	340,00	230,00	120,00	1.520,00	760,00	70,00
17/10/2008	26/10/2008	24	290,00	140,00	670,00	340,00	230,00	120,00	1.520,00	760,00	70,00
27/10/2008	05/11/2008	25	290,00	140,00	670,00	340,00	230,00	120,00	1.520,00	760,00	70,00
06/11/2008	15/11/2008	26	300,00	150,00	660,00	330,00	220,00	110,00	1.490,00	740,00	65,00
16/11/2008	25/11/2008	27	300,00	150,00	660,00	330,00	220,00	110,00	1.490,00	740,00	65,00
26/11/2008	05/12/2008	28	300,00	150,00	660,00	330,00	220,00	110,00	1.490,00	740,00	65,00

Fonte: COOPA-DF – Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal LTDA; CONAB (2009).

ANEXO C - Preço de aquisição dos produtos agrícolas (CPCk) nos subperíodos de 1 a 14

Subperíodos		Índice dos subperíodos	Milho (R\$/ton)	Resíduo de milho (R\$/ton)	Soja (R\$/ton)	Resíduo de soja (R\$/ton)	Sorgo (R\$/ton)	Resíduo de sorgo (R\$/ton)	Feijão (R\$/ton)	Resíduo de feijão (R\$/ton)	Silagem de milho (R\$/ton)
		<i>i</i>	<i>CPC_{1,i}</i>	<i>CPC_{2,i}</i>	<i>CPC_{3,i}</i>	<i>CPC_{4,i}</i>	<i>CPC_{5,i}</i>	<i>CPC_{6,i}</i>	<i>CPC_{7,i}</i>	<i>CPC_{8,i}</i>	<i>CPC_{9,i}</i>
23/02/2008	29/02/2008	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/03/2008	10/03/2008	1	400,00	280,00	720,00	500,00	380,00	270,00	2.720,00	1.360,00	50,00
11/03/2008	20/03/2008	2	400,00	280,00	720,00	500,00	380,00	270,00	2.720,00	1.360,00	50,00
21/03/2008	30/03/2008	3	400,00	280,00	720,00	500,00	380,00	270,00	2.720,00	1.360,00	50,00
31/03/2008	09/04/2008	4	400,00	280,00	710,00	500,00	370,00	260,00	2.110,00	1.050,00	55,00
10/04/2008	19/04/2008	5	400,00	280,00	710,00	500,00	370,00	260,00	2.110,00	1.050,00	55,00
20/04/2008	29/04/2008	6	400,00	280,00	710,00	500,00	370,00	260,00	2.110,00	1.050,00	55,00
30/04/2008	09/05/2008	7	390,00	270,00	690,00	480,00	350,00	250,00	2.100,00	1.050,00	55,00
10/05/2008	19/05/2008	8	390,00	270,00	690,00	480,00	350,00	250,00	2.100,00	1.050,00	55,00
20/05/2008	29/05/2008	9	370,00	260,00	770,00	540,00	320,00	220,00	3.010,00	1.500,00	60,00
30/05/2008	08/06/2008	10	370,00	260,00	770,00	540,00	320,00	220,00	3.010,00	1.500,00	60,00
09/06/2008	18/06/2008	11	370,00	260,00	770,00	540,00	320,00	220,00	3.010,00	1.500,00	60,00
19/06/2008	28/06/2008	12	430,00	300,00	860,00	600,00	340,00	240,00	2.950,00	1.470,00	60,00
29/06/2008	08/07/2008	13	430,00	300,00	860,00	600,00	340,00	240,00	2.950,00	1.470,00	60,00
09/07/2008	18/07/2008	14	430,00	300,00	860,00	600,00	340,00	240,00	2.950,00	1.470,00	60,00

Fonte: COOPA-DF – Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal LTDA; Emater/PAD-DF (2009).

ANEXO D - Preço de aquisição dos produtos agrícolas (CPCk) nos subperíodos de 15 a 28

Subperíodos		Índice dos subperíodos	Milho (R\$/ton)	Resíduo de milho (R\$/ton)	Soja (R\$/ton)	Resíduo de soja (R\$/ton)	Sorgo (R\$/ton)	Resíduo de sorgo (R\$/ton)	Feijão (R\$/ton)	Resíduo de feijão (R\$/ton)	Silagem de milho (R\$/ton)
		<i>i</i>	<i>CPC_{1,i}</i>	<i>CPC_{2,i}</i>	<i>CPC_{3,i}</i>	<i>CPC_{4,i}</i>	<i>CPC_{5,i}</i>	<i>CPC_{6,i}</i>	<i>CPC_{7,i}</i>	<i>CPC_{8,i}</i>	<i>CPC_{9,i}</i>
19/07/2008	28/07/2008	15	390,00	270,00	820,00	570,00	320,00	220,00	2.640,00	1.320,00	65,00
29/07/2008	07/08/2008	16	390,00	270,00	820,00	570,00	320,00	220,00	2.640,00	1.320,00	65,00
08/08/2008	17/08/2008	17	390,00	270,00	820,00	570,00	320,00	220,00	2.640,00	1.320,00	65,00
18/08/2008	27/08/2008	18	370,00	260,00	800,00	560,00	300,00	210,00	2.900,00	1.450,00	70,00
28/08/2008	06/09/2008	19	370,00	260,00	800,00	560,00	300,00	210,00	2.900,00	1.450,00	70,00
07/09/2008	16/09/2008	20	370,00	260,00	800,00	560,00	300,00	210,00	2.900,00	1.450,00	70,00
17/09/2008	26/09/2008	21	330,00	230,00	790,00	550,00	280,00	200,00	3.000,00	1.500,00	70,00
27/09/2008	06/10/2008	22	330,00	230,00	790,00	550,00	280,00	200,00	3.000,00	1.500,00	70,00
07/10/2008	16/10/2008	23	320,00	220,00	730,00	520,00	250,00	180,00	1.590,00	790,00	75,00
17/10/2008	26/10/2008	24	320,00	220,00	730,00	510,00	250,00	180,00	1.590,00	790,00	75,00
27/10/2008	05/11/2008	25	320,00	220,00	730,00	510,00	250,00	180,00	1.590,00	790,00	75,00
06/11/2008	15/11/2008	26	310,00	220,00	710,00	500,00	240,00	170,00	1.570,00	780,00	70,00
16/11/2008	25/11/2008	27	310,00	220,00	710,00	500,00	240,00	170,00	1.570,00	780,00	70,00
26/11/2008	05/12/2008	28	310,00	220,00	710,00	500,00	240,00	170,00	1.570,00	780,00	70,00

Fonte: COOPA-DF – Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal LTDA; Emater/PAD-DF (2009).

ANEXO E - Listagem do programa de otimização, desenvolvido em linguagem LINGO

MODEL : TITLE

OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA INTEGRADO DE CONFINAMENTO E PRODUÇÃO DE GRÃOS;

!LISTA DE VARIÁVEIS

confin : conjunto de variáveis relacionadas ao confinamento,

product : conjunto de variáveis relacionadas aos produtos,

conf_prod : conjunto de links confinamento-produtos,

pvie : preço de venda de cada animal no período, (R\$),

avi : número de animais vendidos no período,

naci : número de animais confinados no período,

pcie : preço de compra de cada animal no período, (R\$),

aci : número de animais comprados no período

cie : custo de confinamento de cada animal no período, (R\$),

ppie : preço de venda do produto período, (R\$/ton),

qpvk : quantidade de produto vendido no período, (ton),

pike : custo composto da entrada do produto produzido na unidade armazenadora, (R\$/ton),

qprodke : quantidade de produto produzido, (ton),

pcpie : preço de compra do produto no período, (R\$/ton),

qcompk : quantidade de produto comprado no período, (ton),

carie : custo de armazenagem do produto no período, (R\$/ton),

qpark : quantidade de produto armazenado no período, (ton),

casie : custo composto de saída do no período, (ton),

xke : quantidade de determinado produto utilizado na alimentação de cada animal no período, (ton),

capke : capacidade de armazenagem de cada produto, (ton)

i : índice de variáveis referentes ao confinamento

k : índice de variáveis referentes aos produtos

qpck : quantidade de produto consumido durante o confinamento em cada período (ton);

!CONJUNTOS;

SETS:

confin/1..29/ : pvie, avi, naci, pcie, aci, cie;

produt/1..9/ : pike, qprodke, xke, capke;

conf_prod(confin,produt) : ppie, qpvk, pcpie, qcompk, carie, qpark, casie, qpck;

ENDSETS

!DADOS;

DATA:

!IMPORTANDO DADOS DO EXCEL;

pvie, pcie, cie, ppie, pike, qprodke, xke, capke, pcpie, carie, casie =

@OLE('TESE-SAULO\DADOS.XLSX');

!EXPORTANDO SOLUÇÃO PARA O EXCEL;

@OLE('TESE-SAULO\SAIDA.XLSX') = qpvk, qcompk, qpark, qpck, avi, aci, naci;

ENDDATA

!FUNÇÃO OBJETIVO: MAXIMIZAÇÃO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO;

MAX = @SUM(confin (i) | i #GT# 1: pvie(i) * avi(i)) +

50 * @SUM(confin(i) | i #GT# 1: 0.0168 * naci(i)) -

@SUM(confin (i) | i #GT# 1: pcie(i) * aci(i)) -

@SUM(confin (i) | i #GT# 1: cie(i) * naci(i)) +

@SUM(conf_prod (i,k) | i #GT# 1: ppie(i,k) * qpvk(i,k)) -

@SUM(produt (k): pike(k) * qprodke(k)) -

@SUM(conf_prod (i,k) | i #GT# 1: pcpie(i,k) * qcompk(i,k)) -
 @SUM(conf_prod (i,k) | i #GT# 1: carie(i,k) * qpark(i,k)) -
 @SUM(conf_prod (i,k) | i #GT# 1: casie(i,k) * qpvk(i,k))-
 @SUM(conf_prod (i,k) | i #GT# 1: casie(i,k) * qpcck(i,k));

!CONDIÇÕES INICIAIS PARA A QUANTIDADE DE ANIMAIS CONFINADOS;

@FOR(confin (i) | i #LE# 7: naci(i) = 0);

!QUANTIDADE DE ANIMAIS VENDIDOS EM DETERMINADO PERÍODO;

@FOR(confin (i) | i #GE# 8 #AND# i #LE# 23: avi(i + 6) = aci(i));

!NÍVEL DE OCUPAÇÃO DINÂMICA DO CONFINAMENTO;

@SUM(confin (i) | i #GE# 8 #AND# i #LE# 29: naci(i)) <= 39600;

!CAPACIDADE ESTÁTICA DO CONFINAMENTO;

@FOR(confin (i) | i #GE# 8 #AND# i #LE# 29: naci(i) <= 1800);

!PERÍODOS EM QUE NÃO SE COMPRA ANIMAIS PARA O CONFINAMENTO;

@FOR(confin (i) | i #LE# 7 #AND# i #GE# 24: aci(i) = 0);

!PERÍODOS EM QUE NÃO SE VENDE ANIMAIS;

@FOR(confin (i) | i #LE# 13: avi(i) = 0);

!QUANTIDADE DE ANIMAIS CONFINADOS EM CADA PERÍODO;

@FOR(confin (i) | i #GE# 8: naci(i) = naci(i - 1) + aci(i) - avi(i));

!DISPONIBILIDADE DE PRODUTO PARA ALIMENTAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO;

@FOR(produ (k):

```

@SUM(confin (i) | i #GT# 1: xke(k) * naci(i)) +
@SUM(confin (i) | i #GT# 1: qpvk(i,k)) =
@SUM(confin (i) | i #GT# 1: qcompk(i,k) + qprodke(k));

```

!QUANTIDADE DE PRODUTO CONSUMIDO NO CONFINAMENTO;

```

@FOR(produ (k):
    @FOR(confin (i) | i #GT# 1: qpck (i,k) = xke(k) * naci(i));

```

!QUANTIDADE DE PRODUTO COMERCIALIZADO EM CADA PERÍODO;

```

@FOR(produ (k):
    @FOR(confin (i) | i #GT# 1: qpck(i,k) <= qpck(i-1,k) + qcompk(i,k) -
        @SUM(confin (i) | i #LE# 29 #AND# i #LE# (i+6): xke(k) * naci(i)));

```

!QUANTIDADE DE PRODUTO ARMAZENADO NO INÍCIO DAS ATIVIDADES;

```

@FOR(produ (k):
    @FOR(confin (i) | i #EQ# 1: qpck(i,k) = qprodke(k));

```

!CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO;

```

@FOR(produ (k):
    @FOR(confin (i): qpck(i,k) + qcompk(i,k) <= capke(k));

```

!QUANTIDADE DE PRODUTO ARMAZENADO EM CADA PERÍODO;

```

@FOR(produ (k):
    @FOR(confin (i) | i #GT# 1: qpck(i,k) = qpck(i-1,k) + qcompk(i,k) - qpck(i,k) - xke(k) *
        naci(i));

```

END