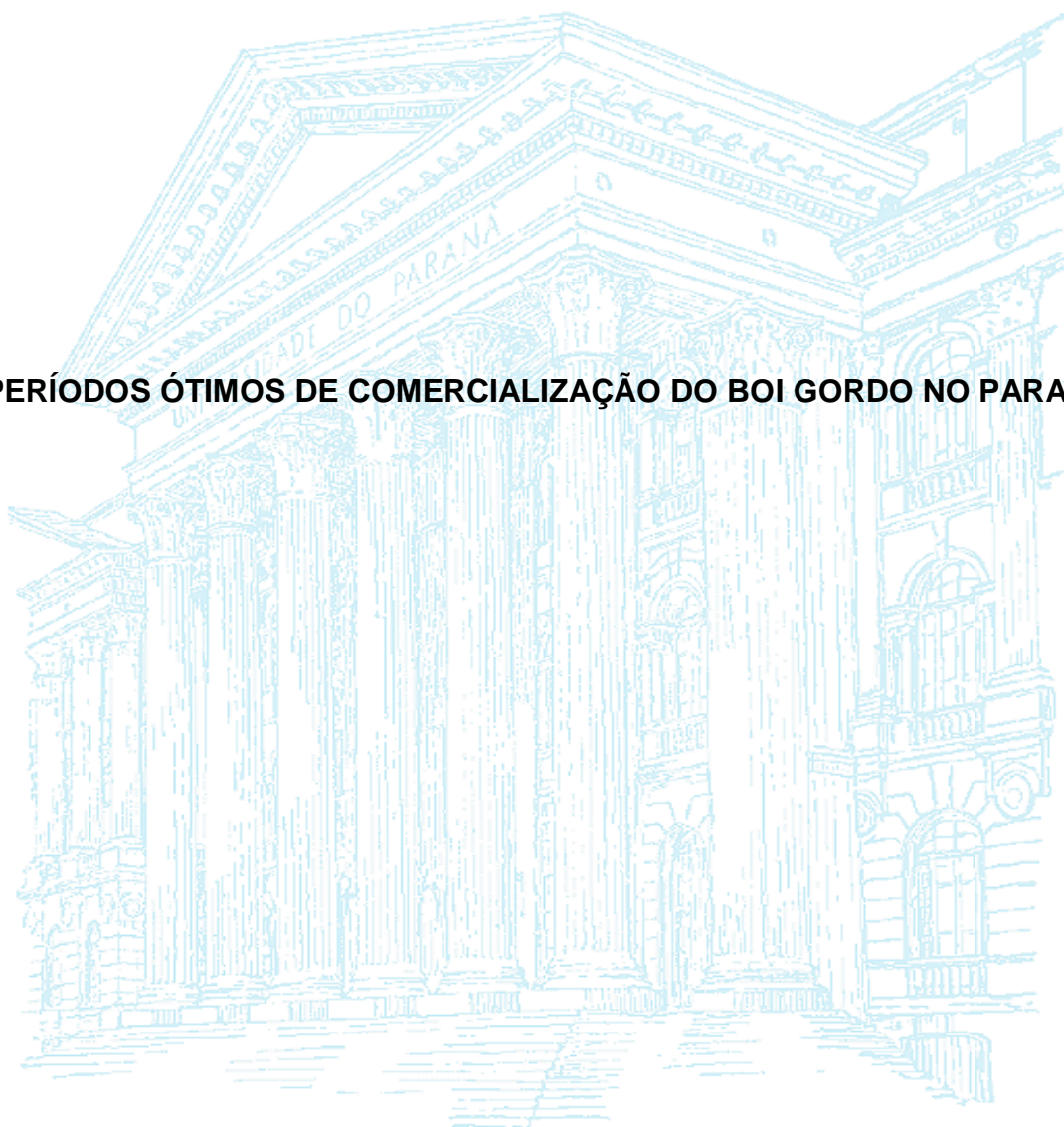


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO NAZARENO DE CAETANO

**PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ**



CURITIBA

2012

RODRIGO NAZARENO DE CAETANO

**PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Área de Concentração Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rossi Junior  
Co-orientador: Prof. Dr. João Batista Padilha Junior

CURITIBA

2012

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela vida e pela oportunidade de evolução que me foi dada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Paulo Rossi Junior que desde a época de estágio depositou sua confiança em mim e que pela sua visão abrangente permitiu desenvolver esse trabalho dentro do programa em Ciências Veterinárias.

Agradeço ao meu colega Engenheiro Agrônomo e também co-orientador Prof. João Batista Padilha Junior, “idealizador” do trabalho, desde a época de comercialização agrícola na graduação incentivou meu interesse pela economia agrícola e me auxiliou e aconselhou em todos os momentos que precisei.

À minha família, mãe Nilce, irmã Marianna e irmão Rafael, pelo apoio que sempre me deram e por serem minha família.

Aos meus avós, Mario e Olga, obrigado pelo que sou.

À minha esposa Alessandra, obrigado pelo convívio e paciência com meus estudos diversos intermináveis e ao meu filho Miguel, que está por vir e já faz parte de nossa rotina diária.

Agradeço à Pós Graduação em Engenharia Florestal e à Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, pelo embasamento teórico que foi imprescindível para os meus estudos.

Obrigado à CAPES, pela bolsa de estudos que me foi concedida e que possibilitou que eu concluísse esse trabalho.

Finalmente agradeço a Universidade Federal do Paraná, local onde aprendi a ser uma pessoa melhor, fiz muitas amizades e aprendi muito, obrigado por fazer parte de minha formação moral e intelectual.

## RESUMO

A pecuária de corte tem grande relevância para a economia do Estado do Paraná. Além de ser a segunda maior atividade agropecuária, ela ocupa a atividade de milhares de propriedades. O Estado apresenta grande diversidade de produção, sendo que ao Norte predomina uma produção tecnificada enquanto que ao Sul os processos produtivos são mais convencionais. O presente trabalho buscou determinar períodos ótimos de comercialização de gado de corte no período 2000-2010, utilizando programação quadrática simulada no aplicativo GAMS. A pesquisa operacional é o ramo das ciências exatas preocupado em modelar os problemas reais de uma forma matemática, onde essa expressão numérica possa representar da melhor forma possível a situação analisada. A atividade agroindustrial envolve todos os ramos da cadeia produtiva, da produção até os consumidores finais. Dessa forma a pesquisa operacional tem a contribuir com essa atividade, pois cada elo do sistema pode ser desmembrado de uma forma numérica e modelizado. No primeiro capítulo foi realizada uma revisão buscando caracterizar e evidenciar o panorama atual da pecuária de corte no Paraná. Dentro desse contexto foi verificado que existem várias potencialidades que podem ser incrementadas, como por exemplo a melhoria da produção primária e a adequação às exigências do mercado exterior. No segundo capítulo foi feita uma revisão de literatura em busca dessas formas matemáticas de resolução de problemas envolvendo o sistema agroindustrial. Foi constatado que existem diferentes formas de se resolver os problemas, cada elo com suas particularidades e características específicas de resolução. O produtor rural se depara com uma situação de concorrência perfeita, onde o máximo lucro é obtido com a negociação pelo melhor preço. Tal preço não é constante ao longo do ano, sendo formado pelas forças que atuam na oferta e demanda e demais fatores que variam ao longo dos anos. É sabido que para se auferir maiores preços, é necessário estar disposto a sofrer maiores variações de preço e assim soma-se a expectativa de risco assumido com essa decisão. Ou seja, para vender a preços maiores o produtor deverá aceitar um risco maior para tal, ou no caso daqueles produtores que não aceitam tal risco de mercado, espera-se preços menores e mais estáveis. No terceiro capítulo foi desenvolvido um modelo de programação quadrática aplicada aos preços da arroba do boi gordo no Paraná, onde o risco de mercado associado do produtor foi parametrizado formando portfólios de comercialização. Foi constatado que o produtor avesso ao risco deverá optar por estratégias diversificadas de vendas, enquanto que produtores indiferentes ao risco tendem a concentrar a comercialização.

Palavras-chave: pecuária de corte, pesquisa operacional, programação quadrática

## ABSTRACT

The beef cattle industry has great relevance to Paraná state economy. Besides being the second largest agricultural activity, it occupies the activity of thousands of properties. Paraná state has a great diversity of production, where in the north side dominates production technified while the south is more rudimentary. The present study determined the best periods of marketing of beef cattle during 2000-2010, using quadratic programming model. The first chapter is a review seeking to characterize and highlight the current landscape of beef cattle production in Paraná. Within this context, it was found that there are several possibilities that could be improved, such as the improvement of primary production and suitability requirements of the overseas market. Operational research is the branch of science concerned with accurately modeling the real problems of a mathematical form, where the numerical expression may represent the best possible real problems. The agro-industrial activity involves all branches of the production chain, from production to final consumers. Operational research can contribute to this activity. Each link of the system can be broken in a numerical form and can be modeled mathematically as best as possible. In the second chapter was made a literature review searching those mathematical forms of problem solving involving the agro-industrial system. It was noted that there are different ways to solve problems, each link with its own peculiarities and specific features of resolution. The farmer is faced with a situation of perfect competition, where the maximum profit is achieved by negotiating the best price. And that price is not constant throughout the year, being formed by the forces acting on the supply and demand and other factors that vary over the years. It is known that to obtain higher prices, you must be willing to undergo major changes in price, considering the expectation of risk assumed by this decision. That is, to sell at higher prices the producer should accept a greater risk for this, or if those producers who do not accept such a risk market, is expect lower and more stable prices. In the third chapter was developed a quadratic programming model applied to the price of cattle in Parana during the period 2000/2010 using the GAMS *software* and parameterizing the risk associated with the producer. It was found that the risk-averse producers will choose diverse strategies of sales, while producers indifferent to the risk tend to concentrate their sales.

Key words: beef cattle, operational research, quadratic programming

## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO PARANÁ</b>		
FIGURA 1	- Padrão Sazonal de abate entre os anos de 2003 e 2007.....	9
FIGURA 2	- Fluxograma da Cadeia Pecuária Bovina no estado do Paraná.....	10
<b>CAPÍTULO II - UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA ATIVIDADE AGROINDUSTRIAL</b>		
FIGURA 1	- Gráfico das restrições e da região factível do problema dos fertilizantes.....	22
FIGURA 2	- Gráfico da região factível e da direção do gradiente da F.O. do problema dos fertilizantes.....	23
FIGURA 3	- Solver do Microsoft Office Excel 2007 que utiliza o algoritmo simplex para a resolução de problemas de programação linear (PPL).....	25
FIGURA 4	- Vetor de direção e círculo inscrito na região factível original.....	25
FIGURA 5	- Gráfico de uma função não linear e sua região factível.....	30
<b>CAPÍTULO III - PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ NO INTERVALO 2000/2010 SOB CONDIÇÕES DE RISCO</b>		
FIGURA 1	- Diferentes comportamentos dos tomadores de decisões, baseados na sua utilidade e risco associado medido pelo retorno em dólares.....	44
FIGURA 2	- Fórmula para deflacionamento.....	49
FIGURA 3	- Programação na linguagem GAMS.....	51
FIGURA 4	- Parte final da rotina de maximização.....	52
FIGURA 5	- Parte final da rotina de minimização.....	52
FIGURA 6	- Gráfico da Fronteira Eficiente obtida através do modelo.....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO PARANÁ</b>	
TABELA 1	- Efetivo do rebanho bovino no estado do Paraná por mesorregiões em 2008, em mil cabeças..... 4
TABELA 2	- Indicadores de produtividade da bovinocultura de corte paranaense, em 2008..... 5
TABELA 3	- Abates de bovinos com SIF no Paraná, em mil cabeças..... 6
TABELA 4	- Exportações paranaenses por grupo de atividade..... 10
<b>CAPÍTULO III - PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ NO INTERVALO 2000/2010 SOB CONDIÇÕES DE RISCO</b>	
TABELA 1	- Percentagens de vendas mensais considerando os níveis de aversão ao risco..... 57
TABELA 2	- Valor máximo (Z) da arroba do boi gordo obtido considerando o modelo de maximização ..... 58
TABELA 3	- Risco (desvio padrão na arroba) associado ao alfa..... 58
TABELA 4	- Preço ótimo subtraído do risco associado..... 59
TABELA 5	- Valores reais da arroba do boi gordo – SEAB PR, deflacionados pelo índice IGP-M/FGV..... 60
TABELA 6	- Valores de desvio padrão - codesviopadrão das médias reais da arroba do boi gordo..... 60

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

@	- arroba
ABIEC	- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEPEA	- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DERAL	- Departamento de Economia Rural
EMATER	- Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
ESALQ	- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FAEP	- Federação da Agricultura do Estado do Paraná
FGV	- Fundação Getúlio Vargas
GAMS	- General Algebraic Modelling Systems
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IGP-DI	- Índice Geral de Preços / Disponibilidade Interna
IPARDES	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPEADATA	- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KKT	- Karush Kuhn Tucker
LAPBOV	- Laboratório de Pesquisas em Bovinocultura de Corte da Universidade Federal do Paraná
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NRC	- National Research Council
PD	- Programação Dinâmica
PL	- Programação Linear
PO	- Pesquisa Operacional
PPL	- Problema de Programação Linear
POF	- Pesquisa de Orçamentos Familiares
R\$	- Reais
SEAB/PR	- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná
SEBRAE/PR	- Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Paraná
SEFA	- Secretaria de Estado da Fazenda
SIF	- Serviço de Inspeção Federal



- SINDICARNE/PR - Sindicato das Indústrias da Carne e Derivados no Estado do Paraná
- SIP - Serviço de Inspeção do Paraná
- t - tonelada
- VBP - Valor Bruto da Produção Agropecuária

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO PARANÁ.....</b>	<b>1</b>
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	4
4 CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS.....	15
<b>CAPÍTULO II – UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA ATIVIDADE AGROINDUSTRIAL.....</b>	<b>17</b>
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36
<b>CAPÍTULO III – PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ NO INTERVALO 2000/2010 SOB CONDIÇÕES DE RISCO.....</b>	<b>38</b>
RESUMO.....	38
ABSTRACT.....	38
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	64

## **CAPÍTULO I – CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO AGROINDUSTRIAL DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO PARANÁ**

### **RESUMO**

A bovinocultura de corte tem grande relevância para a economia do estado. Além de ser a segunda maior atividade agropecuária, ela ocupa a atividade de milhares de propriedades. O estado apresenta grande diversidade de produção, onde ao norte predomina uma produção mais tecnificada enquanto que ao sul a tecnificação é menor e os processos produtivos são mais rudimentares. Foi realizada uma revisão buscando caracterizar e evidenciar o panorama atual da pecuária de corte no Paraná. Dentro desse contexto, foi verificado que existem várias potencialidades que podem ser incrementadas como, por exemplo, a melhoria da produção primária e a adequação as exigências do mercado exterior.

Palavras-chave: cadeia da carne bovina, panorama

## **CHARACTERISTICS OF BEEF CATTLE AGROINDUSTRIAL COMPLEX IN THE PARANÁ STATE**

### **ABSTRACT**

The beef cattle industry has great significance for the Paraná state. Besides being the second largest agricultural activity, it takes the activity of the thousands of properties. The Paraná state presents a wide variety of production, which in the north dominates a more sophisticated agricultural production while in the south is less expanding technology and production processes are more rudimentary. It was conducted a review to characterize the current situation of beef cattle in the Paraná state. In this scenario, it was found that there are various possibilities that can be improved, such as the improvement of primary production and the correction of requirements for the foreign market.

Key words: beef chain, scenery

## 1 INTRODUÇÃO

Com a abertura econômica e a globalização mais presentes em todos os ramos da economia, os mercados tornaram-se mais competitivos e exigentes. Os agentes ligados a eles devem estar mais capacitados e preparados para atender às novas demandas e coordenar seus segmentos para que possam se manter perante tal desafio. Nos mercados agrícolas a inserção da tecnologia trouxe novas perspectivas as cadeias produtivas, ampliando a necessidade de baratear os custos e atender as demandas dos consumidores. Cada vez mais o processo da escolha da produção é orientado do consumidor ao produtor, sendo este cada vez mais pressionado pelas forças de oligopólio e oligopsônio (Mendes e Padilha Jr., 2007).

A pecuária de corte no estado do Paraná não poderia ficar de fora das novas exigências do mercado. O valor produzido pela pecuária paranaense representou para o setor no ano de 2009 cerca de 42% do total das receitas (IPARDES, 2010). Nesse contexto os produtores vêm se adaptando às novas necessidades, incorporando novas técnicas e novos conceitos aos seus sistemas produtivos (Mezzadri, 2005).

O presente trabalho buscou levantar alguns indicadores, caracterizando as diferentes interfaces da cadeia e identificando as atuais necessidades de melhorias dos diferentes elos que compõem a cadeia produtiva da bovinocultura de corte no Paraná.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Realizou-se uma revisão bibliográfica em dados censitários do IBGE, documentos oficiais do estado do Paraná por meio da Secretaria de Agricultura e do IPARDES e artigos e publicações relevantes na área. Foi traçado um panorama da cadeia da bovinocultura de corte, objetivando caracterizar e identificar os principais gargalos a serem melhorados dentro do cenário paranaense.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil apresenta o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com aproximadamente 205,2 milhões de cabeças (IBGE, 2010). Em nível mundial ocupa a segunda posição no número de cabeças, perdendo para a Índia que possui o maior rebanho. Entretanto esse rebanho nesse país não é comercial, tendo em vista que o bovino na Índia é considerado um animal sagrado. Mundialmente o rebanho nos últimos anos mostrou um decréscimo, oscilando de 1,08 bilhões de cabeças em 2008 para 977 milhões em 2009, fruto das secas prolongadas na Austrália e Argentina e transferências das áreas de pastagens para áreas agrícolas no vizinho sul-americano (SEAB/DERAL, 2010).

TABELA1 - EFETIVO DO REBANHO BOVINO NO ESTADO DO PARANÁ POR MESORREGIÕES EM MILHÕES DE CABEÇAS

Mesorregiões	Nr. de Cabeças
Noroeste Paranaense	2,18
Norte Central Paranaense	1,38
Centro-Sul Paranaense	1,20
Oeste Paranaense	1,19
Norte Pioneiro Paranaense	1,01
Sudoeste Paranaense	0,885
Centro Oriental Paranaense	0,673
Centro Ocidental Paranaense	0,575
Sudeste Paranaense	0,252
Metropolitana de Curitiba	0,219
Total	9,58

FONTE: Adaptado de IPARDES (2009)

O estado do Paraná representou no ano de 2008 cerca de 4,7% do plantel nacional, com aproximadamente 9,5 milhões de cabeças (SEAB/DERAL, 2010). A Tabela 1 resume a distribuição do rebanho entre as mesorregiões paranaenses. Pela tabela é possível verificar que o maior efetivo encontra-se na mesoregião noroeste paranaense. Nessa região, destacam-se as microrregiões de Umuarama e Paranavaí, com 959 mil e 973,8 mil cabeças respectivamente, representando as duas microrregiões, do plantel total do estado nesse ano, cerca de 20% do rebanho.

Entretanto se formos comparar os municípios, áreas menores que as microrregiões, o município mais populoso do estado é o de Ortigueira com 173 mil bovinos, seguido dos municípios de Umuarama e Paranavaí com 142 mil e 137 mil respectivamente.

Uma característica marcante na pecuária no estado é a divisão da pecuária do norte para a pecuária do sul. Nessa divisão o estado do Paraná pode ser representado por acima e abaixo do paralelo 24. Acima do paralelo, na região norte, a tecnificação e a predominância de rebanhos melhorados é a característica marcante da atividade, onde há a maior predominância de áreas de pastagens, do número de animais e criadores, da lotação animal por unidade de área e capacidade de suporte de animais. Essa característica fica fortemente evidenciada pela diferente composição de pastagens entre as regiões onde melhores pastagens possuem melhores condições de suportar animais. Abaixo desse paralelo, na região sul, há uma mudança para produtores menos tecnificados, rebanhos menos eficientes e menor investimento por parte dos pecuaristas nas suas atividades. Do efetivo total de animais divididos nessas duas regiões, 60% está ao norte e 40% está ao sul (Mezzadri, 2007).

A pecuária no estado vem passando por algumas transformações. Segundo Mezzadri (2005) os produtores estão se tornando cada vez mais tecnificados, está havendo um aumento na qualidade das pastagens, um aumento da lotação animal (para uma taxa acima de 1,5 UA/ha), o rebanho está se tornando de alto valor genético, e os pecuaristas estão se tornando cada vez mais conscientizados em assegurar a qualidade e sanidade dos rebanhos. As características produtivas da bovinocultura de corte paranaense estão resumidas na tabela abaixo.

TABELA 2 - INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DA BOVINOCULTURA DE CORTE PARANAENSE, EM 2008

Indicadores de Produtividade	
Taxa de natalidade	60%
Mortalidade no 1º ano	2%
Taxa de lotação de pastagens	1,5 U.A
Idade média 1ª cria	36 meses
Intervalo entre partos	14,5 meses
Idade média de abate	36 meses
Rendimento de carcaça	52%
Taxa de desfrute	22%

FONTE: Adaptado de Borges e Mezzadri (2009)

Segundo Borges e Mezzadri (2009) do rebanho paranaense de bovinos, 20% é leiteiro, 70% é destinado ao corte e 10% são destinados a ambas atividades (dupla aptidão). Esta divisão está representada por cerca de 216 mil propriedades, com rebanhos característicos nas regiões Norte e Oeste com predominância de zebuínos, especialmente Nelore e os cruzamentos industriais, e na região Sul de animais de origem européia. Souza e Pereira (2002) afirmam que o rebanho no Estado é constituído basicamente de animais da raça Nelore, com as matrizes Nelore sendo cruzadas com touros Charolês, Simental, Limousin, Caracu, Angus e Canchin.

O total de abate de bovinos no estado do Paraná no ano de 2010 foi de 1,19 milhões de cabeças, ocupando no ranking dos estados a 9ª posição (SEAB/DERAL, 2011). A distribuição de abates nos meses pode ser verificada conforme a Tabela 3 abaixo.

TABELA 3 - ABATES DE BOVINOS COM SIF NO PARANÁ, EM MIL CABEÇAS

Mês	2010	2009	2008	2007	2006
Janeiro	71,6	77,3	91,0	93,9	92,7
Fevereiro	83,8	58,6	80,8	89,8	95,8
Março	103,6	81,7	76,2	85,7	105,8
Abril	97,9	80,7	96,3	86,3	101,6
Mai	97,6	82,7	100,7	98,0	130,2
Junho	108,1	78,3	86,0	90,4	116,5
Julho	101	77,6	67,3	86,1	93,3
Agosto	97,5	74,9	72,8	93,8	106,7
Setembro	112,7	88,7	81,4	86,9	114,4
Outubro	109,3	96,6	102,3	121,8	112,5
Novembro	98,8	81,0	81,3	105,0	97,5
Dezembro	108,1	106,8	94,3	102,6	112,2
Total	1.190,0	985,5	1.030,9	1.140,8	1.279,5

FONTE: SINDICARNE (2011)

Observando os abates com SIF na tabela acima é possível verificar que não há uma regularidade nos abates entre os anos de 2006 e 2010. É possível afirmar que a mês de maior concentração percentual de abates é Outubro, seguido de Dezembro e Maio. Com relação ao processamento de carne é verificado o mesmo panorama observado nos demais estados da federação. Há os frigoríficos simples,



desatualizados tecnologicamente, com poucas condições de higiene e qualidade e que são os fornecedores de carne para o Estado. Na outra ponta, existem os frigoríficos modernos, atualizados tecnologicamente, que oferecem carne embalada, pré-processada e identificada, voltados para o mercado externo (Souza e Pereira, 2002).

Com relação à integração do sistema produtivo, pode-se considerar desorganizado comparativamente a outros ramos da pecuária como a avicultura ou a suinocultura. A formação de preço vem do frigorífico para o produtor, sendo que o produtor tem a opção de segurar o animal no pasto visando obter melhores preços em determinadas épocas do ano, mas que na maior parte do ano fica susceptível ao preço oferecido pelo frigorífico.

O Valor Bruto de Produção é um importante indicador das atividades econômicas. Esse número é calculado pela multiplicação da produção pelo preço médio de mercado do produto, calculado como a média dos preços médios mensais (SEAB/DERAL, 2010). No estado do Paraná o órgão responsável por fazer esse levantamento da área agropecuária é a Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SEAB) vinculada ao Departamento de Economia Rural do estado (DERAL). Do Valor Bruto de Produção de todas as atividades econômicas realizadas no Estado em 2007, o setor da pecuária e pesca representou 2,1% do total (IPARDES, 2010). No ano de 2008, a pecuária de corte apresentou como valor bruto de produção agropecuário cerca de 15 bilhões de reais, representando cerca de 38% do setor agropecuário (SEAB/DERAL, 2010). Já no ano de 2009, o VBP da pecuária representou do setor agropecuário 42% do total, com um valor estimado de 16 bilhões de reais (IPARDES, 2010). O VBP da região Noroeste oriundo da carne bovina representou 16% do total no ano de 2009, perdendo para a cana-de-açúcar com 22% e ganhando do segmento de frangos de corte com 25% (SEAB/DERAL, 2011).

No estado do Paraná existem três órgãos distintos que calculam o preço da arroba do boi gordo. O órgão oficial do Estado é a Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Esse preço é formado pela pesquisa diária nos núcleos regionais, sendo que o último VBP anual por município é utilizado como ponderador para a média estadual. Dentro dessa coleta de preços é contabilizada a intenção de compra, não sendo dessa forma utilizadas somente as vendas efetivas de animais. Outra instituição que calcula os preços do boi gordo é o Centro de Estudos

Avançados e Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Esse preço é calculado para a praça norte do Estado, especificamente a messorregião Noroeste. A terceira instituição que realiza essa pesquisa diária de preços é a Universidade Federal do Paraná, através do seu Laboratório de Pesquisa em Bovinocultura de Corte (LAPBOV). Esse indicador de preços é definido com base nas negociações efetivas de vendas de animais - boi gordo e vaca gorda - sendo divulgados os preços à vista e sem a cobrança da CESSR (Contribuição Especial de Seguridade Social Rural) para cada messorregião do estado do Paraná. Nessa metodologia, a formação de preços é realizada por meio de duas médias ponderadas, por abates por messorregião e entre as messorregiões para o estado do Paraná.

O comportamento dos preços segue alguns preceitos de mercado. O preço na bovinocultura de corte é formado por fatores internos de oferta e demanda do mercado, tendo baixa relação com as alterações externas de oferta e demanda da carne bovina e outros fatores ligados ao mercado externo, como por exemplo, a taxa de câmbio (Canziani *et al.*, 2009).

Segundo os mesmos autores, o preço da carne bovina apresenta certa sazonalidade, ou seja, há predominância em certos períodos do ano de preços reais mais elevados em detrimento de outras épocas do ano. No caso paranaense, analisando a sazonalidade entre os anos de 2003 e 2007, aqueles afirmam que os maiores índices sazonais são encontrados no segundo semestre do ano para o estado do Paraná, enquanto que o primeiro semestre apresenta os menores índices sazonais, conforme Figura 1. Isto se deve ao fato de que com o final do outono, pressionados pelo início do inverno e diminuição das pastagens, os produtores tendem a aumentar a oferta de animais, fazendo com que os preços baixem. Já na segunda parte do ano, no início da primavera, quando começa a recuperação das pastagens, os animais estão em estágio de crescimento, não estando prontamente aptos para o abate, reduzindo a oferta da carne e elevando os preços. Canziani *et al.* (2009) afirmam que essa diferença de preços chega a ser de 5% abaixo do valor médio anual, nos meses de maio e junho, e de 4 a 5% maiores que a média anual, nos meses de outubro a dezembro.

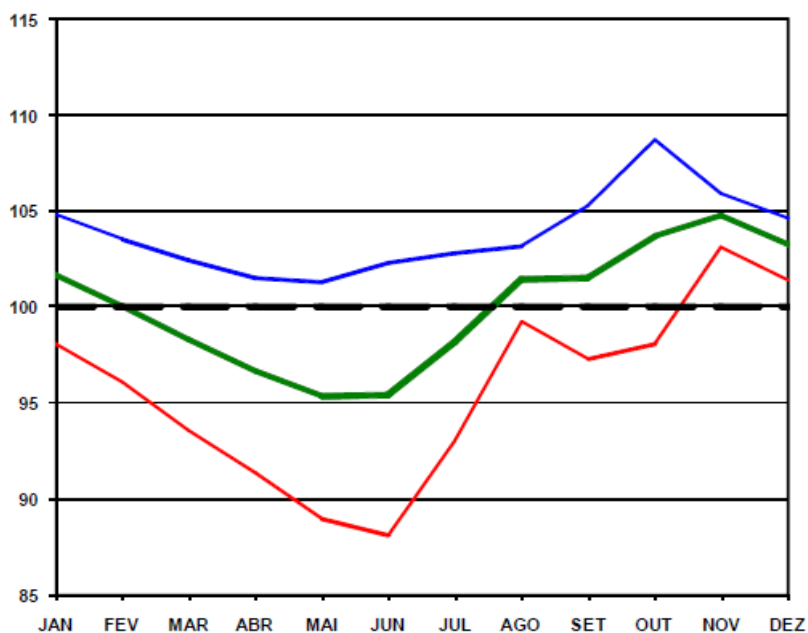


FIGURA 1 – PADRÃO SAZONAL DE ABATES ENTRE OS ANOS DE 2003 E 2007  
 FONTE: ADAPTADO DE CANZIANI *et al.*, 2009

Outro ciclo importante de preços que ocorre na pecuária é um ciclo plurianual, estimulado por grandes variações de oferta e demanda decorrentes das atitudes dos pecuaristas frente a mudança de preços (Canziani *et al.*, 2009). Estes autores explicam que o ciclo se deve ao fato de que quando os preços estão baixos, há um estímulo ao abate de matrizes, aumentando a oferta de carne no mercado e reduzindo os preços. Em contrapartida, com o abate das matrizes, ocorre com o tempo uma redução no número de bezerros e de abate, fazendo com que haja uma diminuição da oferta de carne no mercado, aumentando os preços e estimulando a retenção de matrizes. A retenção de matrizes faz com que haja um maior número de bezerros e animais para o abate, provocando a baixa dos preços e recomeçando o ciclo novamente.

A carne comercializada no Estado dificilmente possui garantia e certificação de origem e procedência ou algum selo de certificação de frigoríficos ou produtores (Souza e Pereira, 2002). Fica a encargo do varejo qualquer ônus direto com a qualidade da carne ou outro problema que venha a ser encontrado, faltando integração e informação por parte da cadeia pecuária.

Souza e Pereira (2002) afirmam em seu artigo intitulado “Análise da Cadeia de Carne Bovina do Estado do Paraná” que dos abatedores de carne, a maioria dos pequenos e médios destina sua produção para o mercado interno, enquanto que a

maioria dos grandes destina essa produção para fora do país. Outro aspecto interessante levantado pelo autor é que a carne produzida por pequenos e médios processadores, na sua maioria é realizada pela comercialização da carcaça, embora alguns realizem a comercialização pela carne desossada, enquanto que a característica dos grandes processadores é realizar essa comercialização pela carne desossada.

A cadeia produtiva da carne bovina no Estado pode ser simbolizada conforme a figura abaixo.

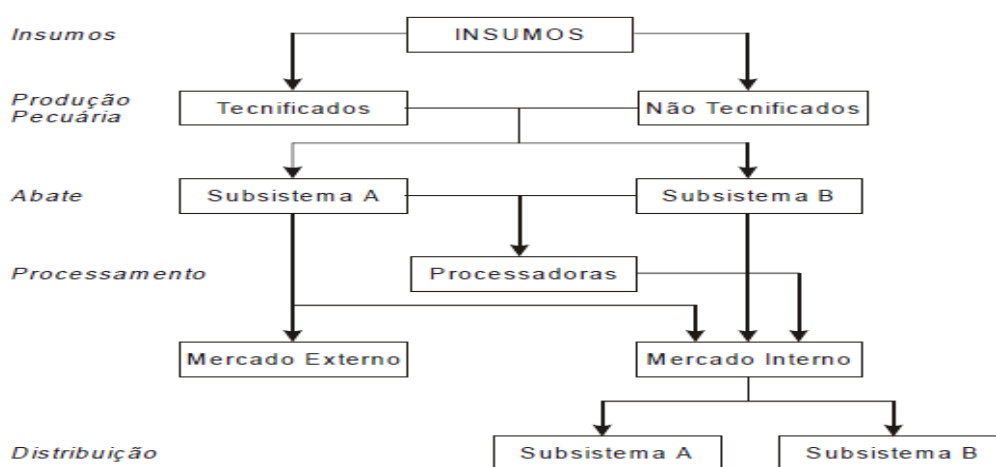


FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA CADEIA PECUÁRIA BOVINA NO ESTADO DO PARANÁ  
FONTE: IPARDES (2002)

O subsistema A engloba os mercados mais sofisticados, as boutiques, o mercado externo, os frigoríficos modernos e os consumidores mais exigentes. O subsistema B engloba a outra parte do mercado, dos frigoríficos menos tecnificados, dos açougues, pequenos comércios e dos consumidores menos exigentes. Via de regra a melhor opção para o mercado seria a melhor tecnificação e controle, seguindo para o subsistema A.

Com relação às exportações de carne bovina do Estado, foram enviadas ao exterior no ano de 2010 cerca de 22,2 mil toneladas, correspondente a uma receita de 72,5 milhões de dólares. Em 2009 o principal destino das exportações paranaenses de carne bovina foi Hong-Kong, seguido da Rússia e da Venezuela (SEAB/DERAL, 2010). Segundo Souza e Pereira (2002) a preferência para a exportação é a carne do Nelore, que está mais padronizada para as condições contratuais de exportação.

Os valores das exportações paranaense por grupo de atividade podem ser observados conforme tabela na próxima página.

É notável o crescimento das exportações do ano de 2009 para 2010 de todos os grupos da economia paranaense. Isto se deve em parte a recuperação do que ocorreu no ano de 2008 para 2009, onde nesse período houve grandes déficits comerciais oriundos de baixas cotações do dólar no ano de 2009, quando em uma política de valorização do real as importações são favorecidas e as exportações desfavorecidas. Polaquini *et al.* (2006) também fazem forte correlação da influência do dólar na atividade pecuária. Segundo os autores, em nível nacional, grandes investimentos foram feitos em épocas de sobrevalorização do dólar, em contra partida das épocas como meados de 1994, onde o plano real valorizou a moeda nacional e arrefeceu a atividade pecuária. Outro ponto interessante é a relevante participação dos produtos agrícolas nas exportações do Estado, sendo que somando-se o complexo soja e carnes obtém-se mais de 40% do valor das exportações.

O consumo da carne bovina é influenciado diretamente pela renda *per capita* da população, pelo preço da carne bovina e pelo preço dos produtos substitutos a ela, especialmente as carnes de frango e suínos. Segundo dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2008-2009 do IBGE, o consumo de carnes por domicílio no Brasil ano de 2009 foi de 21% da renda gasta com a alimentação, sendo carnes bovinas de primeira 3,8%, carnes bovinas de segunda 4%, carne de suíno 0,8% da renda com alimentos e carne de frango 5,4%. Segundo o IPARDES (2002), o aumento da renda incrementa o consumo de carnes de primeira, enquanto que carnes de segunda não variam tão fortemente quanto os melhores cortes. Observa-se a formação de algumas alianças mercadológicas incipientes no estado do Paraná, oriundas principalmente do varejo, que vem concentrando o mercado em determinadas redes e modificando as relações entre frigoríficos/produtores/varejo /atacado (IPARDES, 2002).

TABELA 4 - EXPORTAÇÕES PARANAENSES POR GRUPO DE ATIVIDADE

Grupos/ Subgrupos	2009		2010		Variação (%)
	Valor (US\$ FOB)	Sub/Tot (%)	Valor (US\$ FOB)	Sub/Tot (%)	
Complexo soja	3.273.489.527	29,17	3.856.771.927	27,21	17,82
Complexo carnes	1.662.275.969	14,81	1.914.900.180	13,51	15,20
Carne bovina "in natura"	25.347.730	0,23	42.668.215	0,30	68,33
Carne bovina industrializada	2.604.184	0,02	2.552.044	0,02	-2,00
Material de transporte e componentes	1.459.942.743	13,01	2.185.170.873	15,41	49,68
Açúcar	700.855.062	6,24	1.131.115.860	7,98	61,39
Madeiras e manufaturas de madeira	531.781.471	4,74	647.201.703	4,57	21,70
Máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos	434.609.791	3,87	637.256.708	4,50	46,63
Produtos químicos	392.314.108	3,50	464.082.123	3,27	18,29
Papel e celulose	345.109.567	3,08	428.045.955	3,02	24,03
Cereais	318.711.735	2,84	505.514.123	3,57	58,61
Outros grupos de produtos	1.782.733.073	15,88	2.053.270.117	14,48	15,18
Total	11.222.828.167	100	14.354.639.134	100	27,91

FONTE: Adaptado de IPARDES (2012)

Segundo Mezzadri (2007) as alianças contemplam uma nova metodologia para a produção e comercialização de carne bovina, proveniente de animais rastreados, precoces, com qualidade e sanidade, onde o produtor é melhor remunerado e os consumidores adquirem um produto diferenciado que apresente aspectos como textura, maciez e sabor diferenciados. Na Região Metropolitana de Curitiba há integrações como a Aliança Araucária, onde os frigoríficos podem explorar e divulgar as melhores carnes aliadas à propaganda do varejo. Vale lembrar que esse tipo de aliança é exceção, uma vez que, como já discutido no texto, o perfil do Estado é voltado mais para a desintegração do que integração entre os elos da cadeia.

Com relação ao ambiente institucional - relativo às instituições que influem, regulamentam e detém os processos produtivos da cadeia da carne - as medidas sanitárias adotadas pelo Estado contribuem para melhorar a competitividade. No ramo tributário a Lei Brandão adotada a partir de 2001 estabeleceu um valor de ICMS menor para os produtos pecuários no Estado, 7%, contra 12% nas demais unidades da federação, sendo assim eficiente pois promove o equilíbrio competitivo

com os demais estados. As ineficiências atribuídas ao ambiente institucional estão relacionadas à falta de fomento à tecnificação, como utilização de melhoramento genético, manejo nutricional, adoção de sistemas intensivos e criação. Existem linhas específicas de financiamento do BNDES que fornecem crédito para os produtores que desejam melhorar suas pastagens ou dar melhoria genética ao rebanho, mas para área industrial o financiamento é mais burocrático, dificultando o acesso ao crédito, dificultando a atualização tecnológica como, por exemplo, a incorporação de tecnologia para a desossa e a embalagem.

O ambiente tecnológico do estado para a bovinocultura de corte, segundo Souza e Pereira (2002), possui um aparato de profissionais qualificados, com grande número de escolas de formação, os produtos veterinários tem evoluído para atender as novas aspirações, assim como na área de nutrição e reprodução, tem disponibilizado tecnologia para atender os ensejos dos produtores. Entretanto, segundo o autor, faltam linhas de crédito específicas para incrementar esses avanços.

O governo tem grande influência dentro do complexo. A alta carga tributária incidente em todas as etapas do processo, seja na tributação do produtor pelas contribuições ou impostos incidentes nos fatores de produção que encarecem a compra de melhores equipamentos e insumos, seja no frigorífico pela tributação industrial e sobre a circulação das mercadorias, prejudicam a competitividade do setor. Outro ponto relevante ao governo é a alta taxa de juros da economia, uma das maiores do mundo. Nessa situação o crédito fica dificultado pelas altas remunerações pagas às fontes financiadoras e aos credores. Assim, ou a cadeia aceita essas taxas de juros ou fica comprometida com a falta de recursos para a produção.

## 4 CONCLUSÃO

O estado do Paraná apresenta grandes gargalos a serem melhorados que podem colocá-lo ainda mais em evidência no mercado nacional e internacional. Os problemas expostos na produção primária, como os relativos a melhoramento genético, melhores pastagens e nutrição aos animais, a adoção de outros sistemas de criação mais competitivos são os desafios dos produtores e instituições de fomento. O melhoramento do parque industrial, a adequação dos produtos para o mercado externo, o marketing são os desafios dos frigoríficos e da indústria.

Com relação às instituições públicas de apoio técnico à produção, os órgãos responsáveis devem procurar ser mais eficientes, gerando relatórios mais atualizados e caracterizando melhor a cadeia. No próprio levantamento bibliográfico realizado nesse trabalho houve situações onde diferentes fontes informaram números bastante discrepantes para o mesmo assunto. Como exemplo, o estado do Paraná não possui um valor padronizado definido para o custo de produção da bovinocultura de corte, comparativamente a outros estados que já possuem essa informação há muitos anos.

O governo deve incentivar ambas as partes, aumentando a fiscalização tanto nos abates quanto na produção, promovendo a competitividade na cadeia e propiciando um ambiente que promova a melhoria de todo o sistema, aumentando as fontes de crédito e financiamento para modernização e produção e escutando as demandas da cadeia e do mercado, realizando assim um papel atuante e importante para a economia do estado como um todo.



## REFERÊNCIAS

BORGES, A.R.; MEZZADRI, F.P. **Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2009/2010**: bovinocultura de corte. Curitiba: SEAB/DERAL, out. 2009. 31 p. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/bovinocorte0809.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

CANZIANI, J.R.F.; GUIMARÃES, V.D.A.; WATANABE, M. **Cadeia Produtiva da Carne Bovina**. Curitiba.(Curso de Pós Graduação em Agronegócios – Material Didático a Distância). UFPR. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Economia Rural e Extensão. 2009. 82 p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008 – 2009**. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008\\_2009/POFpublicacao.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009/POFpublicacao.pdf) >. Acesso em: 20 de junho de 2011.

\_\_\_\_\_. **Produção da Pecuária Municipal 2009**. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2009/tabelas\\_pdf/tab01.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2009/tabelas_pdf/tab01.pdf)>. Acesso em: 20 de junho de 2011.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Trimestral de Abate de Animais**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&v&p=AT&z=t&o=23>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). **Base de Dados do Estado BDEweb**. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

IPARDES. **Análise da Competitividade da Cadeia Agroindustrial da Carne Bovina no Estado do Paraná – Sumário Executivo**. Disponível em: < [http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/cadeia\\_agroindustrial\\_bovinos\\_sumario\\_executivo.pdf](http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/cadeia_agroindustrial_bovinos_sumario_executivo.pdf)>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Análise da Competitividade da Cadeia Agroindustrial da Carne Bovina no Estado do Paraná – Texto Integral**. Disponível em: < [http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/cadeia\\_agroindustrial\\_bovinos\\_relatorio.pdf](http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/cadeia_agroindustrial_bovinos_relatorio.pdf) >. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Exportações, segundo grupos e subgrupos de produtos - Paraná - 2009-2010**. Disponível em: < [http://www.ipardes.pr.gov.br/anuario\\_2010/estrutura.html](http://www.ipardes.pr.gov.br/anuario_2010/estrutura.html)>. Acesso em: 16 de abril de 2012.

MENDES, J.T.G; PADILHA JR, J.B. **Agronegócio**: uma abordagem econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 369 p.

MEZZADRI, F.P. **Cenário atual da pecuária de corte:** aspectos do Brasil com foco no estado do Paraná, ano 2007. Curitiba: SEAB/DERAL/DCA, 2007.

\_\_\_\_\_. **Panorama da Bovinocultura de Corte.** Curitiba: SEAB/DERAL/DCA, 2005. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/panoramabovicorte.pdf>> . Acesso em: 16 de outubro de 2010.

POLAQUINI, L.E.M.; SOUZA, J.G.; GEBARA, J.J. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.321-327, 2006.

SEAB/DERAL (Secretaria da Agricultura e do Abastecimento / Departamento de Economia Rural). **Perfil da Agropecuária Paranaense.** Curitiba: SEAB/DERAL, 2003. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Abates Inspeccionados.** Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/aibsa.xls>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Números da Pecuária Paranaense.** Disponível em: < <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/nppr.pdf>>. Acesso em: 20 de junho de 2011.

\_\_\_\_\_. **Valor bruto da produção agropecuária paranaense 2008.** Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/VBP.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2010.

\_\_\_\_\_. **Valor bruto da produção agropecuária paranaense 2009.** Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/VBP2009.pdf>>. Acesso em: 21 de junho de 2011.

SINDICARNE (Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados no Estado do Paraná). **Abates de Bovinos.** Disponível em: < <http://www.sindicarne.com.br/content/category/2/3/7/>>. Acesso em: 20 de junho de 2011.

SOUZA, J.P.; PEREIRA, L.B. Gestão da competitividade em cadeias produtivas: análise da cadeia de carne bovina do estado do Paraná. **Textos de Economia**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 115-151, 2002.

## **CAPÍTULO II – UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA ATIVIDADE AGROINDUSTRIAL**

### **RESUMO**

A pesquisa operacional é o ramo da ciência exata preocupada em modelar os problemas reais de uma forma matemática, onde essa expressão numérica possa representar da melhor forma possível os problemas reais. A atividade agroindustrial envolve todos os ramos da cadeia produtiva, da produção até os consumidores finais. Dessa forma a pesquisa operacional tem a contribuir com essa atividade, pois cada elo do sistema pode ser desmembrado de uma forma numérica e pode ser modelado da melhor forma matemática possível. Este trabalho tem como objetivo revisar a literatura em busca dessas formas matemáticas de resolução de problemas envolvendo o sistema agroindustrial. Foi constatado que existem diferentes formas de se resolver os problemas, cada elo com suas particularidades e características específicas de resolução.

Palavras-chave: pesquisa operacional, atividade agroindustrial

## **USE OF OPERATIONAL RESEARCH IN THE AGROINDUSTRIAL ACTIVITY**

### **ABSTRACT**

Operational research is the branch of science concerned with accurately modeling the real problems in a mathematical form, where the numerical expression may represent the best possible of the real problems. The agribusiness activity involves all branches of the productive chain, from the production to final consumers. Thus operational research contribute to this activity, each link of the system can be simulated in a number and can be modeled mathematically as best as possible. This paper aims to review the literature searching these ways of solving mathematical problems involving the agro-industrial system. It was noted that there are different ways to solve problems, each link with its specific features and characteristics of resolution.

Key words: operational research, agroindustrial activity

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade agroindustrial envolve todo o processo produtivo, desde a produção na fazenda, a armazenagem, a comercialização e a distribuição nos pontos de venda, seja atacado ou varejo. Falar desse conjunto de atividades é a mesma coisa que falar de um sistema agroindustrial. A definição de sistema exemplifica melhor o que vem a ser toda essa atividade: o ordenamento ou disposição das partes ou elos de um todo coordenados entre si que funcionam como uma estrutura organizada (Mendes e Padilha Jr, 2007). Como envolve todo um ordenamento de atividades, cada parte desse processo tem suas peculiaridades e seus problemas específicos, possuindo assim necessidades de resoluções de problemas distintos. O produtor depara-se com problemas como o que produzir, quanto produzir e para quem vender. A indústria depara-se com o problema de quem comprar, quanto comprar, como produzir e quanto e para quem vender. Cada problema deve ser modelado de uma forma tal que o maior número de variáveis possa ser inserida de uma maneira que se minimize o risco dentro dessa tomada de decisão.

A pesquisa operacional é o ramo da ciência que procura modelar os diversos problemas e fornecer as respostas mais plausíveis possíveis para cada situação. Dentro da pesquisa operacional vários “braços” podem ser desmembrados como, por exemplo, a programação inteira, programação dinâmica e a programação não linear, cada tipo de programação específica para o problema que busca-se resolver. Por meio dessa poderosa ferramenta esses problemas específicos da atividade agroindustrial podem ser solucionados.

Esse trabalho tem como objetivo analisar as atividades que envolvem um sistema agroindustrial e apontar com base em exemplificações as possíveis soluções que podem ser obtidas com o auxílio dessa excelente ferramenta de gestão. Para isso foi feita uma revisão bibliográfica com livros e artigos científicos que abordam o tema.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir esse objetivo foi utilizada a literatura especializada encontrada no acervo de bibliotecas da Universidade Federal do Paraná, especificamente no campus Jardim Botânico. Neste campus encontra-se o Setor de Ciências Sociais Aplicadas, o qual dispõe de inúmeras literaturas de pesquisa operacional de diferentes autores. Na pesquisa por trabalhos para a revisão utilizando a busca na internet, foi utilizada a ferramenta de pesquisa do Google Acadêmico e a ferramenta de pesquisa do Scielo, grandes fontes *online* de pesquisa acadêmica. As palavras chaves utilizadas na pesquisa estão relacionadas ao conteúdo do trabalho, como por exemplo, “programação não linear nas *commodities*” e “programação linear na agricultura”.

Utilizando dessas ferramentas foi possível selecionar o melhor escopo de revisão relacionada ao objeto de pesquisa e desenvolver o texto do trabalho.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa operacional surgiu durante a segunda guerra mundial, quando o exército britânico deparado com os problemas logísticos militares utilizou de técnicas para a resolução dos problemas do emprego de material militar. Após a guerra o estudo dessas técnicas continuou e evoluiu no meio civil, onde virou base para a tomada de decisão na maioria dos setores.

Independente da forma de resolução, todo problema a princípio deve ser modelado, ou seja, utilizando de um conjunto de equações matemáticas em que o maior número possível de variáveis envolvendo o problema esteja incluso, e essa é a parte mais demorada e mais difícil na resolução de problemas que envolvam P.O. (Pesquisa Operacional). Modelos de uma maneira geral são representações idealizadas para situações do mundo real (Caixeta Filho, 2001). Dentro desses modelos temos uma equação que define o objetivo, assim chamada função objetivo, e equações que definem as restrições a que estão sujeitas as variáveis como, por exemplo, limitação de determinada quantidade de matéria prima ou insumo. A partir dessas equações saberemos em qual tipo de programação dentro da P.O. o problema está inserido. Se esse conjunto de equações encontrado no modelo for exclusivamente de equações do primeiro grau, onde as soluções podem ser valores atribuídos ao conjunto dos números reais, o problema é caracterizado como de programação linear. Quando nessas soluções somente podem ser atribuídos valores inclusos no conjunto dos números inteiros, o problema é de programação inteira.

Se o modelo original é muito complexo e pode ser subdividido em problemas menores, de mais fácil resolução, a solução é por programação dinâmica. Quando as equações que envolvem o modelo apresentam alguma variável quadrática, cúbica ou com o expoente maior que um, envolvendo a função objetivo, as restrições ou qualquer uma delas, o modelo é de programação não linear. Caso o problema possa ser modelado como se fosse uma rede, a resolução é por otimização em redes.

Os exemplos de modelagem a seguir envolvem a programação linear.

Ex. 1: Um produtor possui duas fazendas, fazenda A e fazenda B, onde se deseja plantar a mesma quantidade de soja ( $x$ ) e trigo( $y$ ) em ambas fazendas. Ele sabe que o lucro da soja na fazenda A é de \$2 e na fazenda B é de \$3 e que o lucro

de trigo na fazenda A é de \$4 e na fazenda B é de \$2 por unidade de área, considerando que ele conhece os seus custos de produção em cada local. Com base em seu planejamento ele espera obter um lucro anual na fazenda A de \$80 e na fazenda B de \$90. Quanto o produtor deve produzir em cada local?

Modelagem:

$$2x + 4y = 80$$

$$3x + 2y = 90$$

Com um simples sistema de equações lineares é possível resolver o questionamento do produtor. Se o produtor tivesse uma terceira fazenda, bastaria apenas inserir mais uma linha de equações relativas a essa fazenda. Caso tivesse mais uma cultura a ser plantada em cada fazenda, bastaria apenas inserir mais uma variável em cada equação.

Solução:

Multiplicando a segunda linha por (-2) e somando-se a primeira linha, obtemos  $x = 25$ . Substituindo na primeira equação obtemos  $y = 7,5$ . Dessa forma sabe-se que o produtor deve produzir 25 unidades de área de soja na fazenda A e B e 7,5 de trigo, obtendo assim a solução ótima.

Ex. 2: Uma indústria do ramo de alimentos produz três produtos x, y e t, utilizando duas máquinas A e B. Cada produto demanda um certo tempo em cada máquina, conforme a tabela abaixo.

	x	y	t
A	2	3	4
B	4	7	5

Sabe-se que o tempo máximo em horas que a máquina A pode trabalhar por mês é de 300 horas e que a máquina B é de 200 horas. Sabe-se também que o lucro dos três produtos, é respectivamente \$5, \$3 e \$6. Quanto deverá ser produzido de cada produto, considerando as restrições de tempo de cada máquina para maximizar o resultado?

Modelagem:

Restrições:

$$2x + 3y + 4t \leq 300$$

$$4x + 7y + 5t \leq 200$$

Função Objetivo:

$$\text{Max (Z)} = 5x + 3y + 6t$$

Nesse caso a solução não pode ser simplesmente resolvida por um conjunto de equações algébricas. Utiliza-se como notação padrão a letra Z como valor objetivo a ser atingido dentro de um problema. Quando se busca o valor máximo, a notação padrão é Max(Z) e quando se busca o valor mínimo a notação padrão é Min(Z). Para a resolução desse problema pode-se utilizar o método gráfico ou o método simplex. O método gráfico consiste na plotagem das equações que envolvem o sistema e a busca da solução que satisfaz as restrições e maximiza ou minimiza a função objetivo.

Ex. 3. Utilizando o método gráfico é possível resolver o seguinte problema de programação linear adaptado de Arce (2010) envolvendo uma fábrica de fertilizantes. Uma determinada empresa de fertilizantes utiliza três insumos A, B e C para produzir dois tipos de fertilizantes x e y. Pela tabela abaixo é possível identificar a quantidade de insumo utilizado para produzir uma unidade dos fertilizantes.

	x	y
A	2	1
B	1	1
C	1	0

Sabe-se que a receita do fertilizante x é de \$15 por unidade produzida e a receita do fertilizante y é de \$10 por unidade produzida. A restrição de uso dos insumos é de 1500 unidades do insumo A por mês, 1200 do insumo B e 500 unidades do insumo C por mês. Deseja-se saber quanto de cada fertilizante a empresa deve produzir mensalmente para maximizar o seu lucro.

Solução:

Modelagem do problema:

Restrições:



$$2x + y \leq 1500$$

$$x + y \leq 1200$$

$$x \leq 500$$

Função objetivo:

$$\text{Max } (Z) = 15x + 10y$$

O primeiro passo consiste em plotar todas as restrições no plano cartesiano, transformando as restrições de menor igual ( $\leq$ ) em igualdades ( $=$ ), conforme figura abaixo.

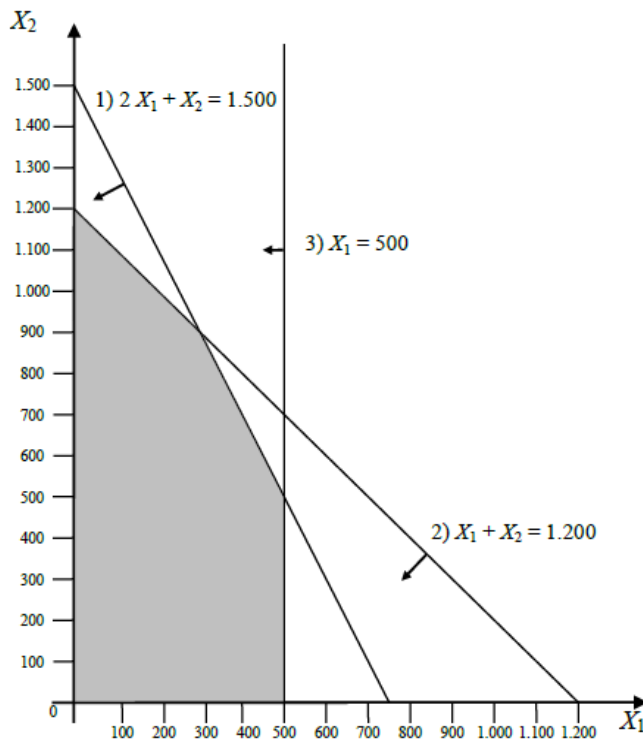


FIGURA 1 - GRÁFICO DAS RESTRIÇÕES E DA REGIÃO FACTÍVEL DO PROBLEMA DOS FERTILIZANTES.

FONTE: ADAPTADO DE ARCE (2010)

A região delimitada pela área cinza é a região comum a todas as restrições. Cada reta possui um sinal referente à região cuja restrição é satisfeita, ou seja, regida pelo sinal da inequação encontrada no modelo. Essa região comum a todas as restrições é chamada região factível.

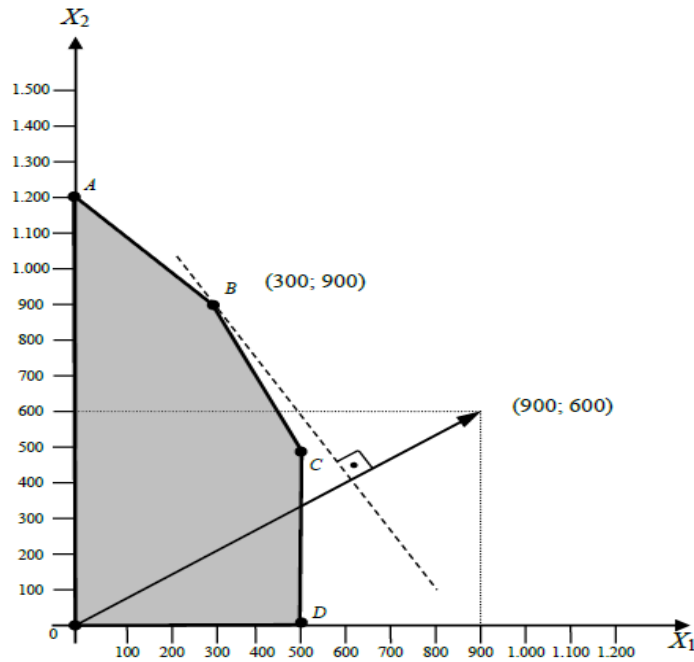


FIGURA 2 - GRÁFICO DA REGIÃO FACTÍVEL E DA DIREÇÃO DO GRADIENTE DA F.O. DO PROBLEMA DOS FERTILIZANTES.  
 FONTE: ADAPTADO DE ARCE (2010)

Na Figura 2 a reta pontilhada simboliza uma das possíveis retas da função objetivo (F.O.), pois como foi definido no modelo, a função a ser maximizada é  $15x_1 + 10x_2$ . Se igualarmos a zero, a 100, a 200 e assim sucessivamente, formaremos um conjunto de retas paralelas à linha pontilhada no gráfico. Como o objetivo é a maximização, quanto mais para fora do polígono estiver essa reta maior será o resultado obtido. Essa direção é conhecida como direção do gradiente e este é sempre perpendicular à reta da função objetivo. Pelo gráfico é possível perceber que o ponto mais externo que satisfaz todas as restrições é o ponto B, onde  $x_1$  equivale a 300 e  $x_2$  equivale a 900. Substituindo na F.O. obtemos uma receita de \$13.500,00 que é a receita máxima possível para esse problema.

Esse tipo de resolução gráfica é amplamente utilizado. Como exemplo, Silva (2006) resolveu problemas de otimização industrial da produção de brinquedos de madeira. Vale ressaltar que para o espaço bidimensional, envolvendo duas variáveis, ou tridimensional, envolvendo três variáveis, pode-se tentar a resolução gráfica plotando com o auxílio de computadores. Entretanto para problemas que envolvam mais de três variáveis no espaço euclidiano, já não é mais possível usar esse método, sendo necessário usar métodos como o simplex para a busca de soluções.

Em 1951 o matemático Dantzig desenvolveu o algoritmo - conjunto de procedimentos matemáticos enumerados que levam a uma solução final - denominado simplex, a partir de estudos envolvendo problemas de programação linear (Souza, Silva e Arenales, 2005).

O algoritmo simplex é iterativo, ou seja, parte-se de um ponto a outro sendo realizada a análise de cada ponto. Caso a solução seja a melhor possível, esse é chamado de ponto ótimo e o algoritmo acaba. Caso não seja a solução ótima, parte-se para um próximo ponto – nova iteração – onde é realizada a nova análise situacional e assim sucessivamente. Tomando como exemplo a Figura 2, esse algoritmo partiria do ponto (0,0), eixo das coordenadas. Far-se-ia uma avaliação desse ponto e encontrar-se-ia um valor para Z. Como nesse caso o valor de Z não é o melhor valor, partir-se-ia para o próximo ponto A, fazendo uma nova análise do valor de Z obtido e assim sucessivamente, para B, C até completar todo o polígono formado pela região factível. O maior valor de Z, num caso de maximização, ou um valor mínimo de Z, num caso de minimização, seriam a solução ideal do problema.

Essa interpretação do método é muito simplória; algebricamente falando não seria necessário passar por todos os pontos, pois o método acusaria pelo *tableau* – representação tabular das equações envolvendo o problema – o melhor ponto. Algebricamente esse movimento de um ponto a outro é chamado de pivoteamento, onde pelo auxílio de operações básicas envolvendo linhas de matriz e variáveis artificiais nos casos de inequações, o algoritmo acusa os valores de Z e das variáveis envolvidas no problema em cada etapa do processo.

A implementação computacional desse método é amplamente utilizada, como por exemplo o próprio Microsoft Office Excel traz nas suas versões com complementos um *Solver* onde é utilizado o algoritmo simplex para a resolução de problemas de programação linear, conforme Figura 3.

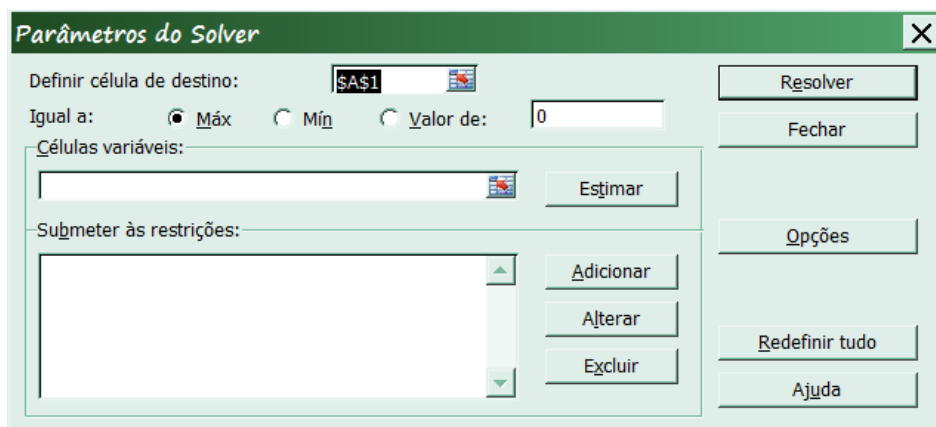


FIGURA 3 - SOLVER DO MICROSOFT OFFICE EXCEL 2007 QUE UTILIZA O ALGORITMO SIMPLEX PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (PPL).

FONTE: O AUTOR (2012)

O algoritmo simplex foi de grande importância para a resolução de PPL, entretanto não é o único algoritmo de busca de soluções ótimas. Outro algoritmo utilizado é o Método de Pontos Interiores. Nesse algoritmo, contrariamente ao simplex, a busca é feita por pontos interiores à região factível, definindo para isso uma região de busca interior e um gradiente de orientação do vetor solução. Dependendo do objetivo da programação, esse gradiente será crescente ou decrescente. A figura 4 ilustra graficamente a essência do método.

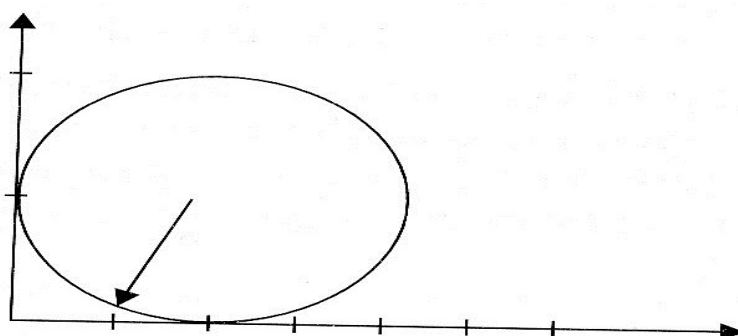


FIGURA 4 - VETOR DE DIREÇÃO E CÍRCULO INSCRITO NA REGIÃO FACTÍVEL ORIGINAL.  
FONTE: ADAPTADO DE CAIXETA FILHO (2001)

Esse método foi usado por Carvalho *et al.* (2009) para a resolução de problemas de produção agrícola. Nesse trabalho o autor utilizou o método dos pontos interiores com trajetória central, uma variação do método, para determinar os níveis de água e nitrogênio a serem aplicados nas culturas de aveia e laranja pera, avaliando o desempenho produtivo e econômico comparando os custos da irrigação

e da adubação. Os resultados obtidos pelos autores foram satisfatórios e equivalentes a outros ensaios encontrados na literatura pesquisada.

Outro problema da agroindústria que utiliza-se da programação linear é o da fabricação de rações. Os componentes das rações são vários como, por exemplo, farinha de soja, farinha de trigo, cálcio, sal, fosfatos, e dessa forma as características nutricionais de cada insumo também são variáveis. Assim como os demais PPL, este pode ser modelado e resolvido por algoritmos como o simplex, método dos pontos interiores e também por programação inteira. A programação inteira consiste na aceitação apenas de variáveis pertencentes ao conjunto dos números inteiros. Neste tipo de programação também há outros algoritmos como o B&B (*branch-and-bound*) e planos de corte, eficientes para a resolução destes tipos de modelos (TAHA, 2008). Vale ressaltar que originalmente o problema pode aceitar variáveis contínuas não inteiras, mas em determinado momento da modelagem, essas variáveis não inteiras devem ser transformadas em uma forma binária onde apenas seja aceita essa combinação inteira, chamada assim de um problema de programação linear inteira mista.

Toso e Morabito (2005) utilizaram dessa programação linear inteira mista para a determinação da produção dentro de uma fábrica de rações. Nesse estudo foi utilizada uma unidade fabril real onde foi analisado o setor de produção de suplementos vitamínicos para animais. Os autores modelaram o processo produtivo com base nos grupos de produtos que a empresa produzia, nas matérias primas, no tempo de preparo total de cada produto e no tempo de descontaminação dos silos e misturadores, realizados em determinados grupos de produtos. O estudo considerou a demanda mensal da empresa baseada no seu histórico de vendas, tendo como função objetivo reduzir os custos de estoque das matérias primas e reduzir os gastos com pagamento de hora extra para funcionários utilizando o planejamento e a programação linear inteira mista. O modelo encontrou soluções até 77,5% mais baratas do que a empresa vinha realizando, por meio da melhora do uso da capacidade ociosa da unidade fabril pela produção antecipada em alguns períodos e também pela melhor combinação e dosagem de matérias primas para a manufatura de algumas famílias de produtos.

Outro problema bastante comum na agropecuária e na agroindústria é o dos transportes. Este está relacionado à função física de comercialização de transporte e à utilidade de lugar, necessários em todos os processos produtivos (Mendes e

Padilha Jr, 2007). Por se tratar na maioria dos casos de problemas que envolvam equações lineares, esses tipos de problema normalmente são solucionados pela aplicação do método simplex. Na área florestal, onde é necessária a utilização de caminhões de diferentes tipos, levando matéria prima (toras curtas e longas) para diferentes unidades fabris, é comum o estudo e aplicação dos métodos de otimização linear para essas situações.

Berger *et al.* (2003) desenvolveram um estudo na área florestal onde foi utilizado o método simplex para a resolução de um problema de transportes. O problema foi modelado a partir de um caso real. Os autores dispunham de cinco caminhões diferentes, que deveriam abastecer uma serralheria com toras curtas e longas, oriundas de três fazendas diferentes, sendo que cada caminhão podia ou não transportar os dois tipos de tora. Havia a demanda mínima por cada tipo de matéria prima e a produção máxima de cada tora em cada fazenda. Primeiramente os autores realizaram o cálculo do custo do transporte por caminhão, por etéreo transportado por quilometro. Com essa informação modelaram a função objetivo como sendo o custo mínimo para abastecer a serralheria, com as restrições de produção e transporte e utilizando do método simplex obtiveram custos até 18,33% inferiores aos que vinham sendo praticado pela companhia, atendendo às necessidades de madeira da unidade fabril.

Bahia, Tobias e Souza (2007) utilizaram da mesma metodologia simplex, com o auxílio do *software LINDO*, para a resolução do problema de escoamento da safra de soja do estado de Mato Grosso para exportação via portos brasileiros. Nesse estudo foram considerados os três modais (rodoviário, ferroviário e hidroviário) como a alternativa para a chegada do produto (soja) até o porto de destino, assim como calculado o frete com base nesse tipo de transporte. Foi considerado como origem quatorze principais cidades produtoras de soja do Estado e como destino os portos de Santos, Paranaguá, Rio Grande, Santarém, Itacoatiara e São Luís. Foi concluído que Paranaguá deveria receber a maioria da soja mato-grossense, seguida do porto de Santarém, ambos os portos com suas capacidades máximas de recebimento sendo utilizadas pela solução encontrada.

Como mencionado, o *software LINDO* foi utilizado nesse estudo para a resolução do problema. Esse é apenas um dos *softwares* disponíveis no mercado para a resolução de PPL. Silva Junior e Saramago (2007) realizaram um estudo de transporte onde utilizaram de três ferramentas computacionais, o *LINDO*, o

*LINPROG* e o *MOSEK* para a resolução do mesmo problema de transporte modelado. Todos os programas encontraram a mesma solução ótima, cada programa diferenciando no seu número de iterações e no tempo computacional de obtenção da solução. Isso mostra que existem diferentes ferramentas computacionais e que a solução de PPL não está atrelada a um tipo específico de *software*, já que existem vários tipos de programas no mercado e estão acessíveis a todos que demandarem seu uso.

De todos esses casos analisados, a solução ótima foi encontrada utilizando o método simplex. Entretanto existem outros algoritmos que podem ser utilizados para obtenção de uma solução não ótima, mas factível, que são uma solução inicial do *tableau* simplex e encurtam o tempo de resolução desses problemas de transporte. Caixeta Filho (2001) demonstra outros algoritmos como a regra do canto noroeste, o método do mínimo custo, o método de aproximação de Vogel e o método *stepping-stone*, sendo que estes dois últimos podem chegar a uma solução ótima igual à obtida pelo método simplex. Lachtermacher (2009) utiliza em seu livro “Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões” variáveis *dummy*, que são destinos ou origens artificiais nos casos onde a demanda ou a oferta são desiguais, de forma que os custos de transportes dessas variáveis *dummy* são unitários e na modelagem do problema todas as restrições são dadas por igualdades. Dessa forma existem diferentes formas de se resolver problemas envolvendo transportes e diferentes ferramentais técnicos e teóricos que podem ser utilizados para resolver esses problemas gerenciais.

Outro tipo de programação que pode ser utilizada para a determinação de melhores rotas é a programação dinâmica. Com base em cada etapa, distância de um nó a outro, pode-se calcular separadamente a melhor maneira de se chegar a um destino final  $x_n$  passando por  $i = 0$  até  $n$ . A programação dinâmica determina a solução ótima de um problema com diversas variáveis, decompondo-o em estágios, sendo que cada estágio compreende apenas um subproblema com apenas uma variável (Taha, 2008). Cada etapa do estágio, considerando o ponto  $i$ , em programação dinâmica é chamada de estado, e assim como cada solução encontrada em cada estado é ótima, não há necessidade de se reavaliar os estados anteriores para se planejar os estados seguintes, garantindo a eficiência do método. Ao escrever a função objetivo considerando todas as etapas (estágios) de  $i=0$  até  $n$ ,

essa F.O. passa a se chamar equação recursiva. Há várias aplicações da programação dinâmica no meio agroindustrial.

Silva *et al.* (2007) utilizaram essa ferramenta da pesquisa operacional para determinar o melhor planejamento de um determinado povoamento florestal. Para isso os autores usaram a equação de recorrência, incluindo as receitas e os custos, para determinar qual deveria ser a decisão a tomar quando o povoamento florestal estivesse jovem ou adulto. Com esse estudo foi possível identificar quando os povoamentos devem ser mantidos, cortados ou conduzidos variando a sua idade. Nas populações jovens foi constatado que o corte era inviável e o desejado era o seu crescimento. Nos povoamentos mais velhos, cortar e reformar ou cortar e conduzir foi a melhor opção encontrada. Foi possível concluir também a melhor opção quando cortar, reformar e conduzir em povoamentos com horizonte de planejamento pré-determinados. Os autores enfatizaram que para esse estudo, nos talhões onde havia povoamentos de idades distintas, a P.D. não encontrou melhores soluções, sendo recomendados outros algoritmos de programação linear.

Scheidt *et al.* (2009) utilizaram a programação dinâmica para simular estágios dentro de um sistema de terminação de bovinos, determinando para cada estágio a melhor opção a ser tomada: a venda ou a manutenção do animal. Para a simulação foram utilizadas as recomendações padrão das normas NRC (*National Research Council*) para as necessidades nutricionais dos animais, os valores de séries históricas de preços de commodities para a confecção dos preços dos insumos em um determinado tempo futuro de planejamento e as estatísticas padrões de engorda de animal para a determinação do ganho de peso. Esse modelo foi implementado em *software* denominado *Netbeans 6.5*, sendo que como se tratava de uma simulação, os valores tabelados de preços e taxas podiam ser alterados a qualquer momento. Por se tratar de uma fase da criação, dentro dessa fase cada etapa foi considerada como um estágio, caracterizando a programação dinâmica. Os autores encontraram resultados muito parecidos com os resultados ótimos encontrados com pacotes operacionais consagrados, evidenciando que a implementação computacional da programação dinâmica é eficiente e auxilia na tomada de decisão.

Como descrito no início do texto, quando as equações que envolvem a modelagem apresentam qualquer variável quadrática, cúbica ou com qualquer expoente maior que um, a programação passa a ser não linear. Diferentemente da



programação linear, onde existem algoritmos que resolvem a maioria dos problemas, como o algoritmo simplex, na não linear não existe essa resolução pela própria dificuldade de se achar soluções ótimas. Segundo Taha (2008) os algoritmos de resolução de programação não linear estão divididos em diretos e indiretos. Os diretos são aqueles relacionados ao gradiente, onde o algoritmo segue a taxa de decréscimo ou crescimento mais rápida. Já nos indiretos o algoritmo é fundamentado na resolução de um problema auxiliar baseado no problema original onde a solução ótima é obtida. Em programação não linear existem ótimos locais e ótimos globais, como mostra a figura abaixo.

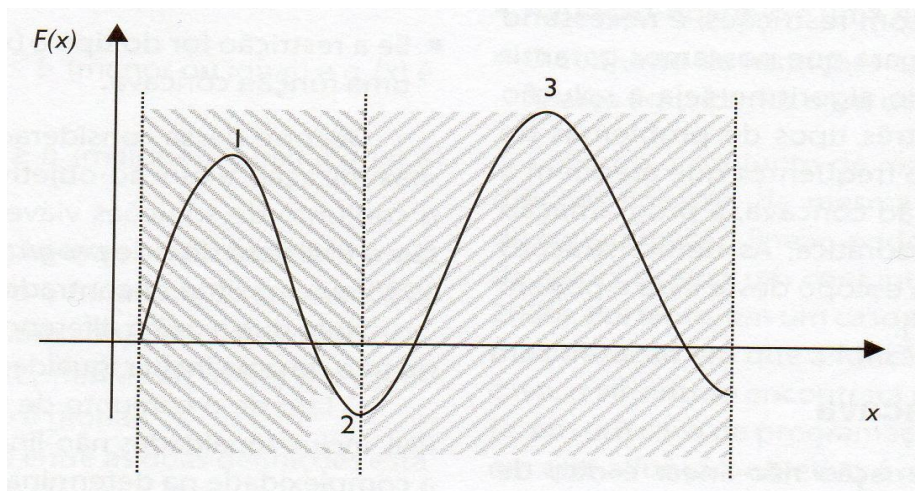


FIGURA 5 - GRÁFICO DE UMA FUNÇÃO NÃO LINEAR E SUA REGIÃO FACTÍVEL.  
 FONTE: ADAPTADO DE LACHTERMACHER (2009)

Conforme se observa na figura acima, os pontos 1 e 3 delimitam um máximo da função e o ponto 2 é um mínimo da função. Caso o objetivo da modelagem fosse maximizar a função acima, o ponto 1 seria um máximo local e o ponto 3 seria um máximo global - isto pois o ponto 3 é o ponto de maior coordenada y dentro da região factível. O ponto 1 por ter a sua derivada igual a zero, é um ponto de máximo mas local, pois a coordenada y desse ponto certamente é menor que a coordenada y do ponto 3. Vários são os problemas que envolvem as equações não lineares, como por exemplo, as funções custo total. Como a característica da função custo total é a soma da função custo fixo mais a função custo variável, sendo que esta não é linear, trata-se portanto de uma função não linear. A seguir um exemplo extraído de Caixeta Filho (2001) de um problema envolvendo função objetivo não linear e restrição linear.

Função Objetivo:

$$Z = x_1x_2 + 2x_1$$

Sujeito à:

$$4x_1 + 2x_2 = 60$$

Para a resolução de um problema envolvendo a não linearidade das funções, inicialmente deve-se avaliar o número de restrições e a característica dessa restrição, se é uma igualdade ou uma desigualdade. Caso seja uma igualdade e o número de variáveis seja até duas, pela teoria clássica da otimização poder-se-ia resolver facilmente esse problema.

Reescrevendo as funções:

$$Z = x_1 (x_2 + 2)$$

Sujeito a:

$$x_2 = 30 - 2x_1$$

Substituindo a restrição na função objetivo:

$$Z = x_1 (30 - 2x_1) + 2x_1$$

$$Z = 30x_1 - 2x_1^2 + 2x_1 = 32x_1 - 2x_1^2$$

Pela derivação de 1ª e 2ª ordem da função objetivo, sabe-se se a função apresenta um máximo ou mínimo.

$$dZ/dx_1 = -4x_1 + 32 = 0$$

$$d^2Z/dx_1^2 = -4 < 0$$

Como a derivada segunda é negativa, a função apresenta um ponto de máximo. Igualando a derivada primeira igual a zero obtém-se o valor de  $x_1$  onde está esse ponto de máximo.

$$-4x_1 + 32 = 0$$

$$x_1 = 8$$

Substituindo na restrição, obtém-se que  $x_2 = 14$ . Nesse ponto, a função objetivo vale 128, sendo considerado o ótimo do problema. Entretanto essa resolução serve apenas para problemas simples. Caso envolva mais de uma variável, o método do multiplicador de Lagrange é um dos métodos recomendados para a resolução do problema. A resolução por Lagrange tem como base o seguinte modelo:

$$Z = f(x,y)$$

s.a.:

$$h(x,y) = a$$

O Lagrangeano necessário para a resolução do problema seria:

$$L = f(x,y) + \lambda[a - h(x,y)]$$

Tendo como base o exemplo de Caixeta Filho (2001) supracitado, o Lagrangeano ficaria da seguinte forma.

$$L = x_1x_2 + 2x_1 + \lambda(60 - 4x_1 - 2x_2)$$

O  $\lambda$  significa multiplicador de Lagrange, e serve para a resolução do problema. Note que no exemplo acima não foi realizada a simplificação da função restrição, apenas foram substituídas as equações originais no modelo de Lagrange. Utilizando a derivação parcial de cada componente dessa função, os valores estacionários de L são obtidos. Dessa forma:

$$L_\lambda (dL/d\lambda) = a - h(x,y) = 0$$

$$L_x (dL/dx) = f_x - \lambda h(x) = 0$$

$$L_y (dL/dy) = f_y - \lambda h(y) = 0$$

Aplicando as derivações nas equações do exemplo:

$$dL/d\lambda = 60 - 4x_1 - 2x_2 = 0$$

$$dL/dx_1 = x_2 + 2 - 4\lambda = 0 ; \lambda = x_2 + 2 / 4$$

$$dL/dx_2 = x_1 - 2\lambda = 0 ; \lambda = x_1 / 2$$

Igualando  $\lambda$  e substituindo nas derivadas parciais, encontramos que  $\lambda = 4$ ,  $x_2 = 14$ ,  $x_1 = 8$  e o valor do L é igual a 128, a mesma solução encontrada pela outra resolução.

Uma forma de avaliar a otimalidade de um ponto – afirmar se ele é um ótimo, independente se local ou global - é por meio da utilização das condições de Karush-Kuhn-Tucker. Taha (2008) cita em seu livro a utilização das condições de KKT (Karush-Kuhn-Tucker) para a resolução de um problema de função objetivo quadrática e restrições lineares, definindo assim um espaço de soluções convexo. Em uma função  $f(x,y)$  o ponto definido pelas coordenadas  $(x_1, y_1)$  define um máximo local dessa função, sujeita a uma restrição tipo desigualdade  $h(x,y) \leq a$ . Existe a condição de KKT somente se existir um  $\lambda$  não negativo tal que:

$$df(x,y) / dx_1 + \lambda (dh(x,y) / dx_1) = dL/dx_1 = 0$$

$$df(x,y) / dx_2 + \lambda (dh(x,y) / dx_2) = dL/dx_2 = 0$$

$$\lambda (a - h(x,y)) = 0$$

Estabelecidas essas condições, é válido também para as condições de um mínimo local sujeito a uma restrição tipo  $h(x,y) \geq a$ .

Paulo (2006) utilizou a programação não linear, especificamente a quadrática, para desenvolver um modelo de mix ótimo de vendas de uma empresa hipotética, utilizando como base a função custo total da empresa, a capacidade

instalada da empresa e o mercado. O modelo desenvolvido pelo autor levou em consideração que a empresa atuava em um mercado de concorrência perfeita, levando em consideração as elasticidades hipotéticas de demanda para a confecção desta função. Foi utilizado o *software MatLab*<sup>®</sup> para a resolução do modelo quadrático. O autor encontrou quantidades ótimas que satisfaziam as restrições e maximizavam o lucro total. Vale ressaltar nesse artigo ,o destaque quanto à importância de se conhecer as funções demanda e custo de produção da empresa, já que sem estas informações não haveria como modelar tal problema.

Mendes e Padilha Junior (2008) também utilizaram da programação não linear, especificamente a programação quadrática, para estabelecer portfólios ótimos de comercialização de soja, levando em consideração a aversão ao risco do tomador de decisão (produtor) e considerando o custo de armazenagem e a média histórica de preços da *commoditie*. Utilizando a modelagem avançada pelo *software GAMS*, os autores encontraram estratégias que maximizavam as expectativas de risco dos produtores, discriminando uma série de vendas que o produtor deveria fazer ao longo dos meses para alcançar tal objetivo.

Ojima e Yamakami (2003) desenvolveram um modelo quadrático onde foi analisado o custo de transporte e a melhor distribuição do canal de comercialização da soja oriunda da região Centro-Norte do país. Os autores analisaram os custos de transporte tendo como base os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário e a melhor alocação da demanda e oferta nacional e demanda internacional, considerando os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Amazonas, Rondônia, São Paulo e Minas Gerais, a partir de dados estatísticos de produção de cada estado. Como se trata de um modelo foi aumentado o custo rodoviário em 10% e reduzido o custo dos modais ferroviário e hidroviário em 10% para análise do sistema. Foi constatada a relevância do estudo para previsão de cenários ótimos envolvendo o canal de comercialização da soja, servindo como base teórica para o desenvolvimento de políticas públicas de melhoria dos transportes e escoamento da safra.

## 4 CONCLUSÃO

Pode-se constatar que a pesquisa operacional está envolvida em diversos ramos da agropecuária. A sua aplicabilidade se dá por meio dos diversos ramos da programação, envolvendo os algoritmos genéricos de programação linear e a complexidade dos problemas envolvendo a programação não linear. A modelagem é a principal etapa de um problema, pois das equações envolvendo o modelo é que se parte para a solução em si, avaliando o grau das equações envolvidas, seja a função objetivo ou as restrições do problema.

Na maioria dos modelos e exemplos citados foi utilizada a implementação computacional na resolução dos problemas. Com o advento da tecnologia e da modernização dos computadores, técnicas que antes não podiam ser aplicadas devido à grande complexidade de cálculos e demora de resolução agora estão acessíveis em pacotes de *software* disponíveis para quaisquer pessoas interessadas.

Com o desenvolvimento da aplicabilidade da técnica para as diversas áreas, a pesquisa operacional está acessível para todos os tomadores de decisão e deve ser obrigatória para todas as pessoas envolvidas no gerenciamento e direção de qualquer parte do processo produtivo. Deve ser utilizada em todos os ramos onde se exija decisões mediante restrições e objetivos, podendo dessa forma abranger todos os setores da economia, auxiliando assim no crescimento e desenvolvimento nacional.

## REFERÊNCIAS

ARCE, J. **Pesquisa Operacional Aplicada ao Agronegócio**. Curitiba. MBA em Gestão do Agronegócio – Material Didático. UFPR. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Economia Rural e Extensão. 2010. 61 p.

BAHIA, P. Q.; TOBIAS, M. S. G.; SOUZA, M. S. A Competitividade do estado do Mato Grosso a partir de um modelo de minimização de custos logísticos totais de transporte de grãos de soja. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Londrina, 2007. **Anais...** Londrina, 2007.

BERGER, R.; TIMOFEICZYK JR, R.; CARNIERI, C.; LACOWICZ, P. G.; SAWINSKYI JR, J.; BRASIL, A. A. Minimização de Custo de Transporte Florestal com a Utilização da Programação Linear. **Revista Floresta**, Curitiba, v.33, p. 53-62, 2003.

CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa Operacional**. Técnicas de Otimização Aplicadas a Sistemas Agroindustriais. São Paulo: Editora Atlas, 2001. 171 p.

CARVALHO, D.F.; DELGADO, A. R. S.; OLIVEIRA, R. F.; SILVA, W. A.; FORTE, V. L. Maximização da produção e da receita agrícola com limitações de água e nitrogênio utilizando método de pontos interiores. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.2, p.321-327, abr./jun. 2009.

LACHTERMARCHER, G. **Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 223 p.

MENDES, J. T. G; PADILHA JR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 369 p.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JR., J. B. P. Estratégias de comercialização da soja: análise de portfólios, sob condições de risco. **Produção**, v. 18, n. 3, p. 441-451, set./dez. 2008.

OJIMA, A. L. R. O.; YAMAKAMI, A. Analysis of the logistical movement and competitiveness of soybean in the brazilian center-north region: na application of a spatial equilibrium model with quadratic programming. In: IV Congresso Internacional de Economia e Gestão de Redes Agroalimentares, Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003.

PAULO, E. Programação quadrática na determinação de preço de multiprodutos em um cenário de curto prazo. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 2, n. 2, p. 37-53, maio/ago. 2006.

SILVA, L.C. Fundamentos de Programação Linear – PL. **Boletim Técnico MS: 01/06** – Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

SILVA, M. L.; SILVA, R. F.; LEITE, H. G. Aplicação da Programação Dinâmica na Substituição de Povoamentos Florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.1063-1072, 2007.

SILVA JR, C. A.; SARAMAGO, S. P. F. Programação Linear Aplicada ao Problema de Planejamento de Transportes. In: 17º Simpósio do Programa de Pós - Graduação em Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2007. **Anais...** Uberlândia, 2007.

SCHEIDT, A.; BRACARENSE, J. C.; GOMES, M. R.; SCHEMBERGER, E. Sistema de Informação: estudo de caso em pecuária de corte. In: III EPAC - Encontro Paranaense de Computação, Cascavel, 2009. **Anais...** Cascavel, 2009.

SOUZA, R. S.; SILVA, C. T. L.; ARENALES, M. N. Métodos do tipo dual simplex para problemas de otimização linear canalizados. **Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p.349-382, set./dez., 2005.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.

TOSO, E. A. V.; MORABITO, R. Otimização no dimensionamento e seqüenciamento de lotes de produção: estudo de caso numa fábrica de rações. **Gestão & Produção**, v.12, n.2, p.203-217, mai./ago. 2005.

### **CAPÍTULO III – PERÍODOS ÓTIMOS DE COMERCIALIZAÇÃO DO BOI GORDO NO PARANÁ NO INTERVALO 2000/2010 SOB CONDIÇÕES DE RISCO**

#### **RESUMO**

A pecuária de corte tem grande relevância na economia do estado do Paraná. Ela envolve o labor de inúmeras propriedades e produtores. Os preços da arroba são o centro da atenção, pois o produto final boi gordo é comercializado baseado na cotação desse índice. Inúmeros são os fatores que influem na formação desse preço, cabendo uma detalhada análise de conjuntura para o entendimento do mercado. O produtor rural em si é um tomador de preços pois esse sistema é uma concorrência perfeita. Cabe a ele decidir o melhor momento para a venda, aceitando o risco na hora da tomada de decisão. A pesquisa operacional é um ramo da ciência que envolve a modelagem de problemas reais em modelos numéricos e a solução matemática envolve a complexidade dessas equações. Este trabalho tem como objetivo encontrar os melhores meses de venda do boi gordo para produtores que aceitem diferentes níveis de risco, utilizando a pesquisa operacional, especificamente a programação quadrática, como base para essa decisão. Foi constatado que a diversificação na venda é a melhor opção para os produtores que são mais avessos ao risco e os meses de janeiro a março e outubro a dezembro são os melhores meses para esses tomadores de decisão. Para os indiferentes ao risco, as estratégias encontradas pelo modelo são a redução da opção de comercialização, indicando vendas para os meses de maiores médias históricas e o mês de novembro é a solução encontrada para quem quer auferir o melhor resultado com o maior risco de retorno atrelado.

Palavras-chave: portfólios, programação quadrática, bovinocultura de corte

#### **GREAT MARKETING PERIODS OF BEEF CATTLE IN THE PARANÁ STATE BETWEEN 2000/2010 UNDER RISK CONDITIONS**

#### **ABSTRACT**

The beef cattle has great importance in the economy of the state of Parana. Involves the work of numerous properties and producers. The price of the cattle is the center of attention, because the final product is marketed cattle based on the price of the indicator. There are many factors that influence the formation of this price, requiring a detailed situation analysis to understand the market. The farmer in itself is a price taker because this system is perfect competition. It is up to him to decide the best time to sell, accepting the risk at the time of decision making. Operations research is a branch of science that involves the modeling of real problems in numerical models and mathematical solution involves the complexity of these equations. This work aims to find the best months to sell the cattle for producers to accept different levels of risk, using operations research, specifically the quadratic programming, as a basis



for that decision. It was found that diversification in the sale is the best option for producers who are more risk averse, the months of January to March and October to December are the best months for these decision makers. To indifferent to risk the strategies found by the model are the reduction of option trading, indicating sales for the months of greatest historical averages and the month of November is the solution for those who want to obtain the best result with the highest risk.

Key words: portfolio, quadratic programming, beef cattle

## 1 INTRODUÇÃO

A pecuária paranaense possui o 7º maior rebanho nacional, com cerca de 5% do total de cabeças, num total aproximado de 10 milhões de cabeças, divididos entre os bovinos de corte, leite e mistos. Desse total de cabeças, a maior concentração encontra-se nos municípios de Umuarama e Paranavaí, com 1,12 milhão e 1,10 milhão de cabeças aproximadamente (Mezzadri, 2007). Segundo o autor, o rebanho do estado é caracterizado por ter produtores cada vez mais tecnificados, com pastagens de qualidade, rebanhos sadios e de alto valor genético e um crescimento de produtividade com aumento da lotação e da qualidade das forragens.

A produção pecuária, como a maioria das produções do meio rural, é dependente de fatores ambientais e de manejo, cabendo ao produtor, por não poder influenciar na variável ambiental, fazer o melhor manejo possível para obter os melhores resultados. Inserido nesse contexto está a importância da comercialização e a escolha do melhor momento para a venda.

O produtor rural se depara com uma situação de concorrência perfeita, onde o máximo lucro é obtido com a negociação pelo melhor preço. Esse preço não é constante ao longo do ano, sendo formado pelas forças que afetam a oferta e demanda e demais fatores que variam ao longo dos anos. Concomitante a esse aspecto há a expectativa do valor de venda dos animais. Qualquer pessoa, seja ela produtor ou não, deseja vender o seu produto para obter o maior lucro possível. Entretanto é sabido que para se auferir maiores preços, é necessário estar disposto a sofrer maiores variações de preço, e assim, soma-se a expectativa de risco assumido com essa decisão. Ou seja, para vender a preços maiores deverá o produtor aceitar um risco maior para tal, ou no caso daqueles produtores que não aceitam tal risco de mercado, espera-se preços menores e mais estáveis.

A escolha sob incerteza é um aspecto que se apresenta em nossas vidas a todo o momento. Ao tomar uma decisão de assumir um emprego ou adquirir uma dívida, no futuro planejamos que permaneceremos no emprego sob a chance de sermos promovidos, mantidos na função ou até demitidos, ou como no caso das dívidas, esperamos que teremos renda futura para honrar os compromissos. O produtor rural não foge da regra. Ao tentar buscar o melhor preço na hora da

comercialização, ele almeja que este preço possa cobrir os seus gastos fixos e variáveis e que possa garantir uma sobra que gere uma boa condição de vida e prosperidade para a sua família. Assim como no caso do emprego ou da dívida, o risco está presente no cotidiano do produtor. Esse ponto de tomada de decisão sob o risco é o aspecto que norteia esse trabalho, ou seja, como trabalhar com o risco na tomada de decisão.

Para determinar quantitativamente esse risco, Pindyck e Rubinfeld (1994) separam a incerteza do risco. Esses autores classificam a incerteza como a chance de um evento ocorrer sem o devido conhecimento da probabilidade associada a tal evento. O risco é considerado como a chance de um evento ocorrer sabendo-se da probabilidade de ocorrência de tal evento. Taha (2008) diz que a diferença entre o risco e a incerteza é que o risco leva em conta diferentes alternativas baseadas em um mesmo estado de natureza, enquanto que a incerteza considera diferentes alternativas baseadas em diferentes estados de natureza.

Na incerteza, como existem diferentes alternativas para diferentes situações que se pode encontrar, as possibilidades de resultados formam uma matriz dos eventos, onde as linhas representam uma mesma alternativa para as diferentes situações que se poderia encontrar e as colunas representam diferentes alternativas para uma mesma situação específica encontrada (Taha, 2008). Para se resolver esse tipo de matriz de resultados, esse autor diz que numericamente a melhor alternativa pode ser alcançada pela resolução por quatro métodos distintos: Laplace, Minimax, Savage e Hurwicz.

Aquele autor explica que no primeiro método parte-se do princípio que as probabilidades de ocorrência dos eventos são as mesmas, então a melhor alternativa é condicionada ao melhor resultado dentre os possíveis estados de natureza. No método Minimax, a tomada de decisão é realizada levando em consideração a cautela como princípio. O melhor resultado é aquele que leva em conta as piores situações possíveis dentro de cada alternativa e todos os estados de natureza. No método do arrependimento de Savage é subtraído o pior resultado em cada estado de natureza e aplicado a metodologia Minimax na sequência. Já o método de Hurwicz considera um parâmetro alfa denominado estado de otimismo. Esse estado varia de zero até um, onde um seria o maior otimismo de ocorrência dos eventos. Estabelecido este estado de otimismo, é realizado o cálculo subtraindo do melhor resultado em cada alternativa, o pior resultado multiplicado por esse

coeficiente de otimismo. Assim como nos demais, o melhor resultado é o maior ou o menor, dependendo das expectativas desejadas desse resultado.

A probabilidade é a frequência com a qual determinados eventos tendem a ocorrer (Pindyck e Rubinfeld, 1994). Segundo os mesmos autores, a probabilidade ainda pode ser descrita como objetiva e subjetiva. Na primeira são considerados os eventos passados realmente ocorridos que fornecem informação para a possibilidade de ocorrência. Já a segunda, ou seja, a subjetiva, não é absoluta. Como o próprio nome diz, ela leva em conta o aspecto pessoal em cada tomada de decisão. Se um evento não ocorreu em determinada área, os céticos ou os objetivistas, levando em consideração os históricos de acontecimentos, dirão que a probabilidade de ocorrência desse evento é nula. Mas para aqueles subjetivistas, que possuem um conhecimento maior sobre a situação, dirão que a probabilidade não é nula tendo em vista a experiência e a possibilidade da ocorrência. Essa noção de probabilidade é que será utilizada para a quantificação do risco. Há outro tipo de probabilidade, chamada de probabilidade de Bayes (Taha, 2008) que condiciona a tomada de decisão em probabilidade condicionada, com base na experimentação ou amostragem. Ela condiciona a tomada de decisão levando em conta a probabilidade *a priori*, ou a já existente, condicionada a probabilidade *a posteriori*, ou de Bayes. No caso dos produtores seria, por exemplo, a opinião condicionada de um especialista. Caso o mercado estivesse em determinada condição, baseado nas probabilidades de ocorrência dos preços e na opinião a favor ou contra do especialista, a tomada de decisão seria baseada no conjunto dessas probabilidades.

Taha (2008) assim como Pindyck e Rubinfeld (1994) consideram também que a tomada de decisão frente o risco é feita com valores esperados também sustentados pelo valor das probabilidades esperadas dos eventos.

Pindyck e Rubinfeld (1994) consideram que para se medir essa probabilidade, qualquer ela que seja, devemos utilizar duas importantes medidas que são o valor esperado e a variabilidade para a ocorrência dos eventos. Segundo estes autores, o valor esperado corresponde a uma média ponderada dos possíveis resultados, levando em consideração como peso as relativas probabilidades de ocorrência dos mesmos. Dessa forma, essa medida pode ser considerada como a tendência central, ou seja, a real possibilidade do acontecimento. Já a variabilidade pode ser descrita por dois parâmetros: a variância e o desvio padrão. Ambas as medidas são referências para se notar os riscos envolvidos em situações que

almejem ou busquem o mesmo resultado. Considere-se hipoteticamente, um produtor que gostaria de vender a arroba por R\$ 70,00 em dois períodos. No primeiro o desvio padrão é de R\$ 10,00 e no segundo é de R\$ 5,00. Logicamente o melhor período para se vender seria o com o menor desvio padrão, ou seja, no período onde o desvio padrão é de R\$ 5,00.

A dominância estocástica é outro conceito que pode ser expandido ao entendimento da tomada de decisão sob risco. Pode ser classificada em dominância de primeira, segunda e terceira ordem (Elton *et al.*, 2004). Ela parte do princípio que o investidor é avesso ao risco e que deve receber compensação por assumir o risco. Segundo os autores, a dominância de primeira ordem diz que os investidores preferem ter maior retorno a ter menor retorno. Isto significa dizer que dentre duas possibilidades iguais de acontecimentos com retornos diferentes, o investidor preferirá o de maior retorno. A de segunda ordem complementa esse conceito, afirmando que os investidores preferem mais do que menos, mas são avessos ao risco. Significa dizer que preferem menores retornos com chances maiores de ocorrência do que maiores retornos com menores chances de acontecer. A de terceira ordem acrescenta um conceito de que o investidor tem aversão absoluta ao risco. Significa dizer que a aversão ao risco é maior para obtenção de menores rendimentos, que o investidor é mais cauteloso para um retorno pequeno, e que é menos cauteloso, ou seja, suportaria maiores riscos para rendimentos maiores já tendo obtido uma determinada renda. Elton *et al.* (2004) consideram que o ferramental do estudo da dominância é essencial para a determinação da composição de carteiras, que para o caso do produtor rural consiste nas alternativas de venda nos meses que minimizem o risco associado.

Ao quantificar numericamente o valor do risco, podemos classificar as pessoas a partir da possibilidade de assumir risco. Existem aquelas que não aceitam o risco, sendo chamadas avessas ao risco, aquelas que apreciam o risco e aquelas que são consideradas indiferentes, ou neutras ao risco (Pindyck e Rubinfeld, 1994). A partir desse conhecimento podemos descrever o comportamento do produtor. Há os produtores mais arrojados, aqueles que estariam dispostos a assumir maiores riscos, ou seja, maiores desvios padrão para determinados níveis de preço e os produtores mais conservadores, aqueles dispostos a assumir menores níveis de risco / desvio padrão para determinados níveis de risco.



sendo linear, pois pouco importa o risco, a utilidade (preço) que eles buscam é indiferente ao risco e a utilidade marginal é constante. Taha (2008) concorda ao afirmar que o comportamento das curvas dos três tipos de pessoas em relação à utilidade tem os comportamentos descritos acima. Para os que assumem o risco (curva Z), a equação será como no primeiro caso, dos avessos ao risco, mas terá um comportamento de utilidade marginal crescente quanto ao crescimento do risco, pois estão dispostas a assumir maiores riscos para menores níveis de renda.

Existe um arcabouço de formas de minimização do risco adotado por aquelas pessoas que são consideradas avessos ao risco que são a diversificação, a utilização de seguros e as informações adicionais (Pindyck e Rubinfeld, 1994). A diversificação consiste em um conjunto de alternativas que visem minimizar o risco. No caso dos produtores rurais seria diversificar os períodos de venda do produto, evitando a comercialização em um único período, pois considerando o risco e a incerteza, a aposta em um único período pode estar fadada ao insucesso. A contratação de seguros é uma forma de se garantir os valores dos produtos mediante pagamento de taxas. No caso rural, os seguros podem ser enquadrados como garantidores dos custos de produção ou garantias de preços propriamente dito, como no caso das operações em mercado futuro por meio de mecanismos como o Hedge. A terceira opção, que é o acesso a informações, seria a simulação futura baseada em informações que estipulariam se valeria a pena ou não adquirir tal informação baseada no lucro esperado. Se o lucro com a informação for maior que o lucro sem a informação, valeria a pena a compra. No caso dos produtores a maioria das informações referentes à cadeia que levariam à formação do preço de mercado está disponível na Internet, considerando-se também algum boletim ou informativo particular que possa ser comprado.

Tendo em vista o problema do produtor de alcançar o maior preço na venda, como poderia ele estar sustentado numericamente para realizar tal tomada de decisão? A modelagem vem a responder tal questionamento. A pesquisa operacional é a área que estuda a modelagem de situações reais em sistemas numéricos, buscando otimizar os resultados (Taha, 2008). Segundo esse autor, essa modelização pode ser feita pela programação linear, programação inteira, programação dinâmica, otimização de redes e programação não linear. Na programação não linear a natureza do comportamento das funções não segue uma linearidade (Silva, 2008). Considera-se que uma linha reta, típica da função linear, é

incapaz de ligar todos os pontos pertencentes à função e que a solução obtida não está nos vértices das figuras geométricas formadas pelas funções restrição e objetivo, mas pode estar em qualquer área dentro dessa figura (Silva, 2008). O autor também considera que dentro dessa programação, tanto as restrições como a função objetivo podem se apresentar como linear ou não linear, mantida uma delas a característica não linear, dificultando sua resolução. Dessa forma, os métodos não lineares são considerados mais complexos e difíceis de serem encontradas soluções ótimas. Como já descrito, o comportamento do produtor é considerado como avesso ao risco e esse comportamento é descrito como uma quadrática, portanto, o mecanismo de programação adotado pelo presente estudo é o não linear.

Em 1952, Henry Markowitz foi um dos pioneiros ao desenvolver um modelo onde se considera o risco na gestão da decisão (Bruni e Fama, 1999). Algumas premissas de Markowitz são que os investidores consideram a variância do preço e o retorno esperado em uma seleção de carteiras, que os investidores nunca estão satisfeitos e são avessos ao risco. Nesse panorama deve-se trabalhar com a média dos preços e sua variabilidade. Das idéias de Markowitz surgiu a moderna teoria dos portfólios, onde o retorno de uma carteira de ativos é o resultado da ponderação individual de cada um, sendo que o risco dessa carteira é representado pelo desvio-padrão e é função da variância do ativo e covariância entre eles. Dessa relação risco-retorno surge uma hipérbole, onde para cada ponto dessa hipérbole, representando as abscissas como risco e a ordenada como retorno, não existe uma opção mais rentável para determinado nível de risco, sendo esta delimitada pela linha de pontos da hipérbole. Essa linha de pontos é chamada de fronteira eficiente, que pode ser obtida por meio da maximização do retorno e da minimização do risco.

A formação de preço na bovinocultura de corte paranaense é dada por fatores internos de oferta e demanda do mercado possuindo baixa relação com as alterações externas de oferta e demanda da carne bovina e demais fatores relacionados ao mercado externo (Canziani *et al.*, 2009). Segundo os mesmos autores o preço da carne bovina apresenta sazonalidade, havendo predominância em certos períodos do ano de preços reais mais elevados em relação a outras épocas do ano. No caso paranaense, os autores analisaram a sazonalidade entre os anos de 2003 e 2007 afirmando que os maiores índices sazonais são encontrados no segundo semestre do ano enquanto que o primeiro semestre apresenta os menores índices sazonais. Isto se deve ao fato de que com o final do outono,



pressionados pelo início do inverno e diminuição das pastagens, os produtores tendem a aumentar a oferta de animais, fazendo com que os preços baixem. Já na segunda parte do ano, no início da primavera, quando começa a recuperação das pastagens, os animais estão em estágio de crescimento, não estando prontamente aptos para o abate, reduzindo a oferta da carne e elevando os preços. Canziani *et al.* (2007) também afirmam que essa diferença de preços chega a ser de 5% abaixo do valor médio anual, nos meses de maio e junho, e de 4 a 5% maiores que a média anual, nos meses de outubro a dezembro.

O presente trabalho tem por objetivo principal analisar os preços da bovinocultura de corte do Paraná no período de 2000/2010 e definir um conjunto de períodos ótimos de venda (portfólio) que busque maximizar o lucro dos pecuaristas minimizando o risco de variação do preço no mercado, levando em conta a capacidade ou não de aceitar o risco de mercado. Foi levado em consideração o modelo de Markowitz de risco-retorno e foi possível pela implementação computacional através de *software* de aplicação de problemas de pesquisa operacional. A definição de tais portfólios é muito importante para o setor pecuário paranaense e contribuirá para a definição dos melhores meses onde se poderia comercializar a produção. Além disso, servirá para contribuir para a organização do setor, permitindo um melhor planejamento e gerenciamento de risco por parte dos produtores e demais instituições ligadas ao setor.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do projeto consistiu na coleta dos preços da arroba do boi gordo para o estado do Paraná. A fonte de preços utilizada no presente estudo é o índice mensal de preços da arroba do boi gordo da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná. Essas informações são facilmente encontradas no site do IPEADATA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada do Governo Federal. Para encontrar a série histórica da SEAB nesse endereço eletrônico deve-se entrar no link macroeconômico, séries históricas, preços, fonte e por último o link da SEAB - PR. Os preços disponibilizados no site são nominais, sendo assim necessária a transformação para preços reais.

Para a conversão em preços reais o deflacionamento utilizou como índice o IGP-M (Índice Geral de Preços de Mercado). Esse índice de preços também é facilmente encontrado no mesmo endereço eletrônico. Deve-se clicar em macroeconômico e no link séries mais usadas. É utilizada a metodologia descrita por Mendes e Padilha Junior (2007). O deflacionamento leva em consideração o mês atual como base e os meses anteriores relacionados a este. Escolhido o índice, faz-se a transformação em taxas, dividindo o valor de cada mês do índice de inflação por 100 e somando-se 1. Feita essa divisão, as próximas operações são a transformação e a acumulação. A taxa do período mais antigo é multiplicada por 100, e em ordem crescente, multiplica-se a taxa do próximo mês pela acumulação do mês anterior, até chegar no mês atual, com o maior valor da acumulação. Feita a acumulação, é realizada a mudança de base. Este procedimento consiste na divisão do valor da acumulação de cada mês pelo valor mais recente, ou seja, pelo mês mais próximo, sendo o resultado dessa divisão multiplicado por 100. Feita a mudança da base, o próximo procedimento é a formação do índice no qual converterá os preços nominais em real. Para isso, divide-se o valor de cada base pelo valor da base mais recente, somando-se o número 1 a cada resultado obtido. Feita essa conversão basta multiplicar o valor do preço nominal (com a inflação) pelo valor desse índice em cada período, e obtém-se desse resultado o valor real do preço (sem a inflação). Guimarães e Stefanelo (2003) explicam a mesma metodologia, considerando que já existe um índice num referencial no tempo já

formado. O método não inclui a conversão em taxas, acumulação, mudança de base e conversores, mas também pode ser utilizado para obtenção de preços reais.

$$V_{t_b} = \frac{V_{c_t} \times IGP_b}{IGP_t}$$

onde:

$V_{t_b}$  = valor (preço) do tempo  $t$  deflacionado para o tempo base  $b$  escolhido

$V_{c_t}$  = valor nominal do tempo  $t$

$IGP_t$  = valor do índice do IGP no tempo  $t$

$IGP_b$  = valor do índice do IGP no tempo base ( $b$ ) escolhido

FIGURA 2: FÓRMULA PARA DEFLACIONAMENTO

FONTES: ADAPTADO DE GUIMARÃES E STEFANELO (2003)

Para a definição dos melhores períodos de comercialização será utilizada a modelagem através do uso da programação quadrática. O risco associado será definido com base no escalar  $\alpha$ , variando de zero até um, onde o zero significa que ele não leva em consideração o risco e um significando que ele leva totalmente em conta o risco na tomada de decisão. A definição dos escalares seguirá a base de 5% de diferença entre cada número, variando assim a cada 0,05 da nulidade até um.

A função a ser maximizada pela programação quadrática corresponde a:

**Max (Z) =  $P_g V_g - \alpha M V_g$** , onde:

Z = função objetiva a ser maximizada;

$P_g$  = vetor linha dos preços do boi no período  $n$ ;

$V_g$  = vetor coluna das estratégias de venda no período  $g$ ;

M = matriz de variância-covariância e,

$\alpha$  = coeficiente de aversão ao risco.

Tal notação matricial é derivada da equação quadrática (Mendes, 1980<sup>1</sup> *apud* Padilha Jr., 1997) que consiste na modelização do comportamento do produtor, na qual:

**U =  $aE + bE^2 + bV$** , onde:

U = valor da utilidade esperada com as estratégias utilizadas na venda do boi gordo;

E = valor médio dos preços esperados no período de análise;

<sup>1</sup> MENDES, J. T. G. *The Selection of marketing strategies under price risk: the case of brazilian soybeans*. Columbus, Ohio, The Ohio State University, (Ph.D. thesis), 1980.

$V$  = variância dos preços das estratégias utilizadas no período de análise (portfólio) e,

$a$  e  $b$  = coeficientes de ponderação do valor médio dos preços esperados e da variância-covariância dos preços das estratégias utilizadas no período de análise.

Como em qualquer modelo de programação, para a otimização dos valores da função a ser maximizada, esta deve estar sujeita a restrições que maximizem o resultado, que no modelo proposto serão as seguintes:

$$\mathbf{V}_g > \mathbf{0}$$

$$\mathbf{RV} \leq \mathbf{1}, \text{ onde:}$$

$V_g$  = vetor coluna das estratégias de venda no período  $g$  e,

$RV$  = restrição de venda.

Após o lucro máximo obtido para cada escalar de aversão ao risco, foi realizada a minimização do risco atrelado (desvio-padrão no preço) ao lucro máximo obtido com a estratégia (maior valor da arroba). Para isso foi utilizado o seguinte modelo teórico.

$$\mathbf{Min (Z) = MV}_g$$

$V_g$  = vetor coluna das estratégias de venda no período  $e$ ,

$M$  = matriz de variância-covariância.

Sujeito a:

$$\mathbf{P}_g = \mathbf{Max (Z)}$$

$$\mathbf{RV} \leq \mathbf{1}$$

Toda essa programação foi aplicada no *software GAMS (General Algebraic Modeling System)*. Todas as informações necessárias para o conhecimento dessa poderosa ferramenta de aplicação da pesquisa operacional podem ser encontradas no endereço eletrônico <http://www.gams.com/>. Nesse endereço encontram-se os arquivos para *download* do *software* demonstração, manual de instalação, tutoriais para a utilização do programa e diversas bibliotecas com diversos exemplos de problemas reais que foram solucionados utilizando da programação em *GAMS*. Esse *software* permite a aplicação de diversos tipos de programação, desde a aplicação de problemas lineares até a aplicação de problemas não lineares. Para a resolução desses problemas o *software* utiliza *solvers*, no caso da programação não linear a ser utilizada no presente estudo o *solver* utilizado é o CONOPT. Este *solver* juntamente com o MINOS e o SNOPT são as principais ferramentas do *GAMS* para

a resolução de problemas envolvendo a programação não linear. A rotina de programação de maximização utilizada no estudo pode ser observada nas Figuras 3 e 4 e a rotina da minimização nas Figuras 3 e 5.

```

gamside: C:\Users\Rodrigo\Documents\gamsdir\projdir\gmsproj.gpr - [R:\Mestrado - VETERINÁRIA\Dissertação\MODELO MAXIMIZAÇÃO.gms]
File Edit Search Windows Utilities Model Libraries Help
MCDELO MAXIMIZAÇÃO.lst  MODELO MINIMIZAÇÃO.lst  MODELO MAXIMIZAÇÃO.gms  MODELO MINIMIZAÇÃO.gms
MCDELO_BOI_PR_RODRIGO_MAXIMIZAÇÃO_1.gms  MODELO_BOI_PR_RODRIGO_MINIMIZAÇÃO_1.gms

$title PORTFOLIO OTIMO DE COMERCIALIZACAO DE BOI GORDO - PARANA
$onText
  Este modelo proporciona portfolios eficientes de comercialização de bovinos de corte
  no Parana, maximizando o preço de venda com risco mínimo.
  Dissertação: Rodrigo Nazareno - UFPR, 2010 - MODELO QUADRÁTICO - MARKOWITZ-TOBIN.
$offText
$onSymxref onSymList onUellList onUelXref

sets I meses de comercializacao do boi gordo /JAN, FEV, MAR, ABR, MAI, JUN, JUL, AGO, SETE, OUT, NOV, DEZ/;

alias (I, J);

parameters P(I) preço medio mensal recebido pelos produtores (R$ por arroba)- periodo 2000-2010 (SEAB)
/
JAN      67.56
FEV      66.55
MAR      65.56
ABR      65.48
MAI      64.98
JUN      66.22
JUL      67.52
AGO      69.74
SETE     69.94
OUT      71.44
NOV      72.67
DEZ      71.00/

```

FIGURA 3 – PROGRAMAÇÃO NA LINGUAGEM GAMS

FONTE: O AUTOR (2012)

	MODELO_MAXIMIZACAO_1.gms	MODELO_MINIMIZACAO_1.gms	MODELO_MAXIMIZACAO.gms	MODELO_MINIMIZACAO.gms
JUL	8.511468733	8.521701708	8.810158909	9.282305748
AGO	7.95130178	8.046086005	8.416644224	8.917847274
SETE	7.823151539	7.943500488	8.372580247	8.900876361
OUT	7.402161846	7.554137939	8.078793227	8.652456299
NOV	7.524679395	7.812867591	8.493297357	9.027037166
DEZ	7.073980492	7.370251013	8.032820177	8.511979793

```

SCALARS ALPHA coeficiente de aversao ao risco do produtor /0.35/;

VARIABLES X(I) quantidade de arrobas vendidas atraves da estrategia mensal
           VEN quantidade de arrobas vendidas
           Z lucro maximo;

POSITIVE VARIABLES X;

EQUATIONS
  FOB define funcao objetivo
  RESTRVND define venda de animais
  VENDAEFET quantidade de animais vendidos na estrategia mensal;

FOB.. Z =E= SUM(I, (P(I)*X(I)) - ALPHA*(X(I)*SUM(J,DES(I,J)*X(J))));
RESTRVND.. SUM((I), X(I)) =L= 1.0;
VENDAEFET.. VEN =E= SUM(I, X(I));
MODEL BOI /ALL/;
SOLVE BOI USING NLP MAXIMIZING Z;
DISPLAY X.L, Z.L;

```

FIGURA 4 – PARTE FINAL DA ROTINA DE MAXIMIZAÇÃO

FONTE: O AUTOR (2012)

	MODELO_MAXIMIZACAO_1.gms	MODELO_MINIMIZACAO_1.gms	MODELO_MAXIMIZACAO.gms	MODELO_MINIMIZACAO.gms
OUT	7.402161846	7.554137939	8.078793227	8.652456299
NOV	7.524679395	7.812867591	8.493297357	9.027037166
DEZ	7.073980492	7.370251013	8.032820177	8.511979793

```

VARIABLES X(I) quantidade de arrobas vendidas atraves da estrategia mensal
           Z risco minimo do portfolio de comercializacao;

POSITIVE VARIABLES X;

EQUATIONS
  LUCRO define funcao objetivo
  RISCO define variancia minima dos precos do boi gordo
  RESTRVND define restrcao de producao;

RISCO..Z =E=(SUM(I, X(I)*SUM(J,DES(I,J)*X(J))));
*esta equação minimiza o risco para dado nivel de lucro obtido.
LUCRO..SUM(I, P(I)*X(I)) =E= 72.063;
*nesta equação, para cada simulação, define-se um lucro pré calculado anteriormente.
RESTRVND..SUM(I, X(I)) =L= 1.0;
*esta restrição obriga o modelo a vender uma quantidade igual ou menor do que o volume de produto.
MODEL BOI /ALL/;
SOLVE BOI USING NLP MINIMIZING Z;
DISPLAY X.L, Z.L;

```

FIGURA 5 – PARTE FINAL DA ROTINA DE MINIMIZAÇÃO

FONTE: O AUTOR (2012)

Para maiores informações sobre essa linguagem de programação basta entrar naquele endereço eletrônico e acessar os tutoriais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelo modelo estão apresentados na Tabela 1. Podemos verificar que quanto maior o nível de aversão ao risco (alfa próximo a 1) as estratégias de venda tendem a se diversificar ao longo do ano enquanto que o menor nível de risco, onde alfa é zero, a melhor estratégia é a concentração da venda, cuja série histórica do período analisado demonstrou a maior média de preços.

Para o produtor totalmente avesso ao risco o modelo identificou como melhor solução a venda da produção nos meses de janeiro a maio e agosto a dezembro, não indicando vendas nos meses de junho e julho. Ao analisarmos a sazonalidade de preços descrita por Canziani *et al.* (2007) podemos constatar que os meses de junho e julho apresentam baixos índices sazonais, considerando a média anual de preços. Essa informação corrobora os resultados de pesquisa, pois o modelo vem a ratificar a afirmação de que não seria interessante realizar venda de animais nesses meses. O modelo apontou como soluções ótimas os mesmos meses de venda, considerando alfas até 0,45 (45% de aceitação de risco), variando a porcentagem de venda para cada mês em cada escalar.

Com o alfa de 0,4, ou seja, um produtor que considere na sua tomada de decisão 40% do risco associado à variabilidade dos preços, o modelo indicou a vendas nos meses de janeiro a abril e agosto a dezembro. Com o alfa entre 0,4 e 0,35 o modelo indicou como solução ótima os mesmos meses de comercialização. Quando o alfa considerado foi de 0,3 o modelo exclui da solução ótima o mês de abril. Considerando alfa de 0,25 e 0,2 o modelo exclui da solução ótima a comercialização no mês de março. Considerando 10% e 15% do risco, ou seja, alfas de 0,15 e 0,1 o modelo exclui da solução ótima o mês de fevereiro, restando a comercialização nos meses de janeiro e agosto a dezembro. Considerando apenas 5% do risco, ou seja, alfa de 0,05 o modelo indicou como solução ótima os meses de outubro, novembro e dezembro, coincidindo com os maiores índices sazonais da arroba do boi gordo. A solução encontrada desconsiderando o risco, com o alfa nulo, foi a venda total dos animais no mês de novembro, coincidindo com o pico da média anual de preços do boi gordo para o período, que pode ser observado na Tabela 5.



O modelo de maximização identificou as soluções ótimas máximas, ou seja, seguindo a percentagem de venda descrita na Tabela 1 para os respectivos alfas, o resultado esperado é um retorno médio no preço da arroba que pode ser visualizado na Tabela 2. Para o produtor que considerou todo o risco associado, ou seja, alfa de 1 o retorno esperado por sua carteira de vendas é de R\$ 64,85/@ enquanto que o produtor indiferente ao risco que escolhesse realizar sua venda toda no mês de novembro, alfa nulo, o retorno esperado seria de R\$ 72,67/@ coincidindo com a média do mês de novembro dos 10 anos analisados no estudo.

Associada a essa estratégia de diversificação de venda (portfólio) está o risco associado. Seguindo as vendas da Tabela 1 o produtor obterá um retorno esperado que pode ser visualizado na Tabela 2. Entretanto para cada portfólio há um risco associado, que pode ser observado na Tabela 3. O menor risco associado à escolha está no maior alfa, pois uma diversificação na carteira tende a reduzir um menor retorno esperado assim como também um menor risco associado. Para o produtor totalmente avesso ao risco, considerando alfa unitário, o desvio padrão associado à escolha de seu portfólio é de R\$ 4,236/@ enquanto que o produtor indiferente ao risco, que escolheu a venda total no mês de novembro, correspondente a um alfa nulo, o risco associado a esta decisão é de R\$ 12,13/@. É interessante observar que o risco associado à decisão fica na faixa dos R\$ 4/@ até um alfa de 0,35, ou seja, um nível de consideração de risco de 35% até 100%. O maior salto no risco padrão observado é do alfa de 0,05 para alfa nulo, pulando de R\$ 8,067/@ para R\$ 12,137/@, ou seja, de 5% de aversão ao risco para a total aversão. Se compararmos o retorno associado a esse portfólio, em 5% a expectativa seguindo o resultado do modelo é de R\$ 72,06/@ enquanto que com a nulidade da consideração do risco o retorno é de R\$ 72,67/@.

Associando os valores encontrados na Tabela 2 com os valores encontrados na Tabela 3 obtemos a fronteira eficiente. Esta serve para visualizar o retorno esperado e o risco associado a tal retorno, conforme observado na Figura 6. Pode-se observar que o gráfico gerou uma parábola, uma equação do segundo grau, com ajuste de regressão de 88% e equação  $Y = -0,29x^2 + 5,55x + 47,86$ . Esta equação descreve uma parábola com concavidade negativa, ou seja, o retorno esperado tende a diminuir proporcionalmente ao risco associado. Isto significa dizer que o risco aumenta muito mais proporcionalmente ao valor da arroba correspondente.

Na Tabela 4 pode-se observar os valores mínimos associados a cada estratégia. Esses valores são obtidos pela subtração do risco do preço ótimo em cada alfa, obtendo assim o menor valor em cada opção. Analisando a tabela verifica-se que dentre os menores valores para cada estratégia, o maior deles é de R\$ 64,86/@ correspondendo a uma consideração de risco de 15%. Isso significa que na fronteira eficiente a melhor estratégia seria a escolha da opção de rentabilidade de R\$ 70,94/@. Cada pecuarista tem um nível de aceitação ao risco e cada um possui a sua própria curva de utilidade. Para os que aceitam mais risco maiores remunerações e para os que aceitam menores riscos menores remunerações. Entretanto, de acordo com o modelo, o melhor valor global considerando o risco seria a escolha da venda nos meses de Janeiro e Agosto a Dezembro, com a comercialização aproximada de 25% em Novembro e 25% em Dezembro.

TABELA 1 - PERCENTAGENS DE VENDAS MENSAIS CONSIDERANDO OS NÍVEIS DE AVERSÃO AO RISCO

ALFA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1,00	17,90%	16,90%	13,40%	8,20%	4,10%			5,40%	5,40%	9,60%	5,70%	8,70%
0,95	18,00%	16,90%	13,50%	8,20%	4,10%			5,50%	5,50%	9,60%	5,70%	8,80%
0,90	18,00%	17,00%	13,50%	8,30%	4,10%			5,50%	5,50%	9,70%	5,70%	8,80%
0,85	18,10%	17,10%	13,60%	8,30%	4,10%			5,50%	5,50%	9,70%	5,80%	8,90%
0,80	18,20%	17,20%	13,70%	8,30%	4,10%			5,50%	5,50%	9,80%	5,80%	8,90%
0,75	18,30%	17,30%	13,70%	8,40%	4,20%			5,60%	5,60%	9,80%	5,80%	8,90%
0,70	18,40%	17,30%	13,80%	8,40%	4,20%			5,60%	5,60%	9,90%	5,90%	9,00%
0,65	18,50%	17,40%	13,90%	8,50%	4,20%			5,60%	5,60%	9,90%	5,90%	9,00%
0,60	18,60%	17,50%	13,90%	8,50%	4,20%			5,70%	5,60%	10,00%	5,90%	9,10%
0,55	18,70%	17,60%	14,00%	8,50%	4,20%			5,70%	5,70%	10,00%	5,90%	9,10%
0,50	18,80%	17,60%	13,90%	8,40%	4,00%			5,80%	5,80%	10,20%	6,20%	9,30%
0,45	19,30%	17,00%	12,00%	6,50%	1,90%			6,60%	6,60%	11,90%	8,00%	10,30%
0,40	19,70%	16,30%	10,00%	4,40%				7,40%	7,40%	13,60%	9,90%	11,30%
0,35	19,80%	15,10%	7,20%	1,60%				8,20%	8,10%	15,50%	12,00%	12,50%
0,30	19,70%	13,30%	3,60%					8,90%	8,80%	17,50%	14,40%	13,70%
0,25	18,90%	10,40%						9,40%	9,40%	19,70%	17,30%	14,90%
0,20	16,20%	4,50%						9,60%	9,60%	22,60%	21,30%	16,30%
0,15	11,60%							9,20%	9,40%	25,90%	26,20%	17,70%
0,10	1,50%							7,50%	8,00%	30,30%	33,40%	19,20%
0,05										32,70%	55,00%	12,30%
0,00											100,00%	

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 2 - VALOR MÁXIMO (Z) DA ARROBA DO BOI GORDO OBTIDO CONSIDERANDO O MODELO DE MAXIMIZAÇÃO

ALFA	Z
1,00	64,87
0,95	65,17
0,90	65,47
0,85	65,78
0,80	66,09
0,75	66,41
0,70	66,73
0,65	67,07
0,60	67,41
0,55	67,76
0,50	68,12
0,45	68,49
0,40	68,86
0,35	69,25
0,30	69,64
0,25	70,05
0,20	70,48
0,15	70,94
0,10	71,46
0,05	72,06
0,00	72,67

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 3 – RISCO (DESVIO PADRÃO NA ARROBA) ASSOCIADO AO ALFA

ALFA	RISCO
1,00	4,2360
0,95	4,2750
0,90	4,3150
0,85	4,3560
0,80	4,3970
0,75	4,4400
0,70	4,4830
0,65	4,5280
0,60	4,5750
0,55	4,6220
0,50	4,6710
0,45	4,7300
0,40	4,8290
0,35	4,9560
0,30	5,1210
0,25	5,3370
0,20	5,6420
0,15	6,0770
0,10	6,7550
0,05	8,0670
0,00	12,1370

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 4 – PREÇO ÓTIMO SUBTRAÍDO DO RISCO ASSOCIADO

ALFA	R\$/@
1,00	60,63
0,95	60,89
0,90	61,16
0,85	61,42
0,80	61,69
0,75	61,97
0,70	62,25
0,65	62,54
0,60	62,84
0,55	63,14
0,50	63,45
0,45	63,76
0,40	64,04
0,35	64,29
0,30	64,52
0,25	64,71
0,20	64,83
0,15	64,86
0,10	64,70
0,05	64,00

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 5 - VALORES REAIS DA ARROBA DO BOI GORDO – SEAB PR, DEFLACIONADOS PELO ÍNDICE IGP-M/FGV

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	66,64	65,98	62,52	62,50	60,78	62,62	64,02	66,17	65,60	67,07	66,40	64,06
2001	62,21	60,33	61,23	62,90	61,59	61,02	61,16	63,58	64,00	66,86	65,77	65,32
2002	65,01	64,81	63,57	62,22	60,97	60,63	60,49	65,60	66,40	67,65	72,12	70,40
2003	69,09	68,14	67,11	65,60	63,27	64,22	67,23	69,51	71,06	71,20	72,21	71,51
2004	71,01	69,12	66,63	66,63	65,82	66,57	66,87	68,06	66,94	65,65	66,38	66,34
2005	64,96	62,71	60,62	58,83	58,29	57,91	57,86	56,34	55,60	58,26	58,53	56,36
2006	53,73	53,18	52,33	52,43	52,37	51,29	52,53	58,47	61,42	65,27	61,24	59,12
2007	58,54	59,01	59,64	59,00	58,22	59,29	64,47	67,33	65,01	66,34	73,72	75,93
2008	74,53	73,88	75,28	77,40	80,56	90,11	90,10	90,22	88,86	88,92	86,60	81,99
2009	82,00	79,73	76,06	76,04	75,84	77,93	78,77	78,84	77,57	77,46	75,21	74,38
2010	75,46	75,14	76,14	77,91	77,05	76,83	79,19	83,03	86,93	91,15	101,20	95,57

FONTE: O AUTOR (2012)

TABELA 6 - VALORES DE DESVIO PADRÃO – CODESVIO PADRÃO DAS MÉDIAS REAIS DA ARROBA DO BOI GORDO

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
JAN	8,06	7,88	7,68	7,87	8,04	8,68	8,51	7,95	7,82	7,40	7,52	7,07
FEV	7,88	7,76	7,60	7,80	7,98	8,64	8,52	8,05	7,94	7,55	7,81	7,37
MAR	7,68	7,60	7,66	7,94	8,17	8,88	8,81	8,42	8,37	8,08	8,49	8,03
ABR	7,87	7,80	7,94	8,32	8,59	9,37	9,28	8,92	8,90	8,65	9,03	8,51
MAI	8,04	7,98	8,17	8,59	8,97	9,88	9,76	9,37	9,31	9,06	9,32	8,75
JUN	8,68	8,64	8,88	9,37	9,88	11,12	10,98	10,49	10,32	9,97	10,03	9,40
JUL	8,51	8,52	8,81	9,28	9,76	10,98	10,97	10,52	10,35	10,01	10,27	9,72
AGO	7,95	8,05	8,42	8,92	9,37	10,49	10,52	10,31	10,27	10,01	10,40	9,85
SET	7,82	7,94	8,37	8,90	9,31	10,32	10,35	10,27	10,41	10,27	10,73	10,09
OUT	7,40	7,55	8,08	8,65	9,06	9,97	10,01	10,01	10,27	10,28	10,82	10,12
NOV	7,52	7,81	8,49	9,03	9,32	10,03	10,27	10,40	10,73	10,82	12,14	11,50
DEZ	7,07	7,37	8,03	8,51	8,75	9,40	9,72	9,85	10,09	10,12	11,50	11,04

FONTE: O AUTOR (2012)

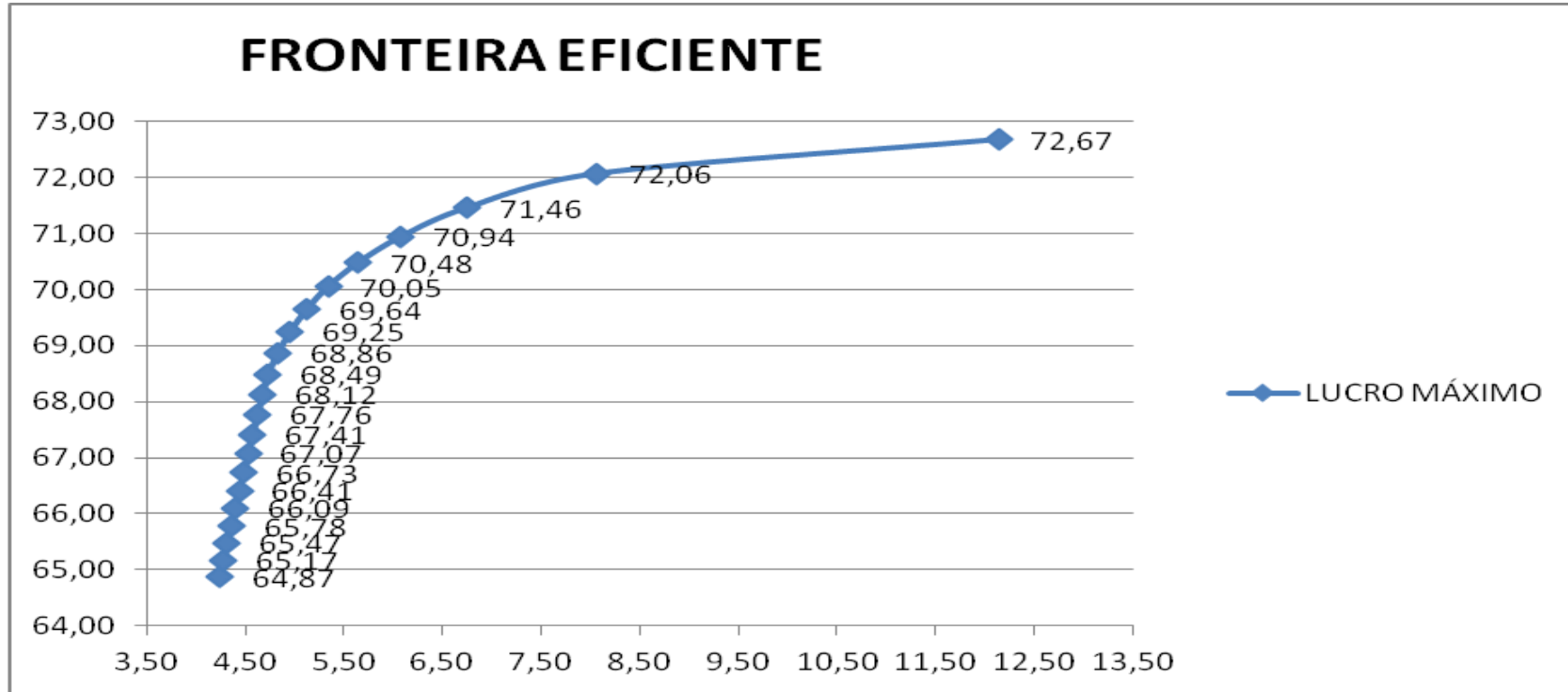


FIGURA 6 – GRÁFICO DA FRONTEIRA EFICIENTE OBTIDO ATRAVÉS DO MODELO

FONTES: O AUTOR (2012)

## 4 CONCLUSÃO

O modelo encontrou sete grupamentos diferentes de vendas. As vendas nos meses de janeiro a maio e agosto a dezembro são as escolhas para os pecuaristas que considerem 45% do risco ou mais. Para aqueles que consideram de 40 a 35% do risco, janeiro a abril e agosto a dezembro são o melhor período. Aqueles que aceitam 30% do risco, janeiro a março e agosto a dezembro são a melhor solução. De 25 a 20% de aceitação do risco janeiro e fevereiro e agosto a dezembro são a melhor solução. De 10 a 15% de aceitação do risco, o modelo encontrou como ótimo vender os animais em janeiro e agosto a dezembro. Para 5% de aceitação do risco, outubro a dezembro são a melhor solução e para o para o pecuarista que quer obter o melhor resultado independente do risco, a venda deve ser realizada no mês de novembro.

A quantificação de quanto aceitar do risco não é uma tarefa fácil. Por pequenas variações de consideração de risco são excluídos meses de comercialização. Cabe ao pecuarista tentar se enquadrar em alguma dessas faixas de aceitação de risco e realizar a venda conforme a solução ótima do modelo. A fronteira eficiente ajuda nessa escolha uma vez que ela mostra o quanto de risco é assumido para cada índice de retorno esperado. Cabe salientar que o acompanhamento do mercado sempre deve ser feito, estudando os fatores que afetam a formação do preço e utilizando como referencial o presente estudo, não excluindo a análise de conjuntura de nenhuma fase de tomada de decisão. As informações encontradas pelo modelo utilizam das técnicas de análise da variância e tem como parâmetro os anos de 2000 a 2010 e o nível de risco decimal. Se fosse considerado no estudo outro intervalo de tempo, por exemplo o intervalo 2005 a 2011 e outros valores de risco, por exemplo sensibilidade 1%, com certeza haveria resultados diferentes dos encontrados. Esse trabalho é a apuração de 1 forma de n diversas formas que podem ser utilizadas para determinação de períodos ótimos. Dessa maneira tem a limitação de ser um modelo teórico que considera apenas a variância e a parametrização decimal escolhida na pesquisa dentre um conjunto complexo de variáveis que poderiam ser utilizadas.

Este novo indicador pode servir como referencial no direcionamento de operações de compra e venda de gado pelos produtores e frigoríficos, visto que



traduz mais adequadamente as realidades da bovinocultura de corte no Estado. O resultado encontrado vem ao encontro da literatura, pois as soluções ótimas são os picos dos índices sazonais dos preços da arroba do boi no Estado. As informações produzidas podem ser utilizadas por órgãos públicos e privados, para efeito de acompanhamento, planejamento, tomada de decisões, estudos e análises no sentido de reproduzir a realidade do mercado e criar condições de se gerar uma evolução sustentável para a pecuária de corte no Paraná.

## REFERÊNCIAS

- ANDRETTA, G. C. **Valor Bruto da Pecuária Paranaense em 2005**. Curitiba: SEAB/DERAL/DCA, 2007.
- BRUNI, A. L.; FAMA, R. **Moderna Teoria de Portfólios: é possível captar, na prática, os benefícios decorrentes da sua utilização?** Resenha da BM&F. São Paulo. 1999. p. 19-34
- CANZIANI, J. R. F.; GUIMARÃES, V. D. A.; WATANABE, M. **Cadeia Produtiva da Carne Bovina**. Curitiba. Curso de Pós Graduação em Agronegócios – Material Didático a Distância. UFPR. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Economia Rural e Extensão. 2009. 82 p.
- ELTON, E. J.; *et al.* **Moderna Teoria de Carteira e Análise de Investimento**. São Paulo: Editora Atlas, 2004. 602 p.
- GUIMARÃES, V. D. A.; STEFANELO, E. L. **Comercialização Agrícola**. UFPR. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Economia Rural e Extensão. 2003. 116 p.
- MENDES, J.T.G.; PADILHA JR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 369 p.
- MEZZADRI, F. P. **Cenário atual da pecuária de corte: aspectos do Brasil com foco no estado do Paraná, ano 2007**. Curitiba: SEAB/DERAL/DCA, 2007.
- PADILHA JR., J. B. **Estratégias de Comercialização de Soja Frente ao Risco de Mercado**. Piracicaba, 1997. 117 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PYNDICK, R. S.; RUBINFELD. D. L. **Microeconomia**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda. 1994. 968 p.
- SILVA, P.R. *et al.* **Pesquisa Operacional: para Decisão em Contabilidade e Administração**. São Paulo: Editora Atlas, 2008. 490p.
- TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.