

# PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL E REUSO NA PRÓPRIA UNIDADE PRODUTORA

## PROTEÍNA ANIMAL PRODUCTION AND REUSE OF WASTE IN YOUR OWN PRODUCTION UNIT

MACUCULE, Otília Ernesto<sup>1</sup>; SANDMANN, André<sup>2</sup>; HELLMANN, Liliane<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira, Paraná, Brasil; <sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil

<sup>1</sup>[otiliamacucule@gmail.com](mailto:otiliamacucule@gmail.com); <sup>2</sup>[sandmann@utfpr.edu.br](mailto:sandmann@utfpr.edu.br); <sup>3</sup>[lilianehellmann@utfpr.edu.br](mailto:lilianehellmann@utfpr.edu.br)

### Resumo

A produção agropecuária é uma das atividades mais importantes em muitos países do mundo, o leite, a carne, o milho e a soja apresentam alto valor nutritivo e contribuem para o desenvolvimento do país. Este trabalho teve como objetivo descrever e desenvolver um modelo matemático no software LINGO 4.0, com o intuito de maximizar os resultados econômicos mensal e anual numa unidade de produção agrícola para a melhoria da renda em pequenas propriedades agrícolas. Para tal, foi realizada uma busca de dados com base em entrevistas feitas com um agricultor, bem como, revisão literária a qual objetivou-se a compreensão da importância do tratamento e reaproveitamento dos dejetos oriundos da produção de proteína animal na própria unidade de produção agropecuária em que são gerados. A partir do presente trabalho pode-se verificar que a maximização do resultado econômico mensal leva o agricultor a um equilíbrio financeiro com sobra de terra enquanto que a maximização do resultado econômico anual se mostrou mais eficaz no desenvolvimento de área útil em relação ao uso dos resíduos gerados na agropecuária.

**Palavras-chave:** modelo matemático, impactos ambientais, unidade de Produção agropecuária.

### Abstract

Agricultural production is one of the most important activities in all countries of the world, milk, meat, corn and soybeans have high nutritional value and contribute to the country's development. This study aimed to describe and develop a mathematical model in LINGO 4.0 software which aimed to maximize the monthly and annual financial results in a unit of agricultural production to improving income in small farms. To this end, a search for data based on interviews with a farmer was taken, as well as literature review which aimed to understanding the importance of the treatment and reuse of waste arising from the production of animal protein in the unit of agricultural production they are generated. From this study it can be seen that maximum monthly economic result leads the farmer to a financial balance with plenty of land while maximizing the annual economic result is more effective in the development of area as well as in relation the use of waste generated in agriculture.

**Key words:** Mathematical Model; Environmental Impacts; Unit Agricultural Production.

## 1. INTRODUÇÃO

A agropecuária é uma atividade realizada pelo homem, em que nela distingue-se a produção agrícola e a pecuária, com um papel muito importante para a sua vida. No passado a produção agropecuária de subsistência era comumente praticada, ou seja, a produção era feita em pequenas propriedades garantindo a sustentabilidade do agricultor e da sua família. Atualmente, com o surgimento e desenvolvimento de novas tecnologias, para além de subsistência a agropecuária é praticada em larga escala, e sua diversificação é maior e tem fundamental importância para a maximização e/ou aumento da renda, melhoria da distribuição das receitas e minimização dos custos em um sistema integrado entre lavoura, pecuária e a diminuição dos riscos, destinando seus produtos para abastecer os mercados interno e externo.

Este trabalho é composto por introdução e revisão literária. A introdução aborda em resenha a agropecuária com objetivo de elaborar um modelo que possa auxiliar os agricultores na tomada de decisão nas suas atividades leiteira e produção de grãos a fim de melhorar a sua condição econômica, e a revisão literária que se apresenta em temas da seguinte forma: Pesquisa Operacional, Modelagem Matemática, Produção de Grãos e Bovinocultura de leite, e Metodologia da pesquisa onde procedeu-se a coleta de dados através da observação direta e entrevista junto ao agricultor. Também usou-se o programa “LINGO.4” para verificar os resultados obtidos na bovinocultura de leite e produção de grãos, assim como discussão dos mesmos e suas respectivas conclusões.

## 2. MODELAGEM MATEMÁTICA

### 2.1. Pesquisa operacional

Para Shamblin e Stevens Jr (1979) e

FREDERICK e LIEBERMAN (2006) Pesquisa Operacional (PO) é um método científico de tomada de decisão que surgiu durante a Segunda Guerra Mundial com objetivo de desenvolver metodologia para solução de problemas relacionados com as operações militares complexas de natureza logística, tática e de estratégia militar.

Pesquisa Operacional é designada como área do conhecimento que consiste no desenvolvimento de métodos técnicos e científicos de sistemas simples e complexos, com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas, com objetivo de dar suporte a definição de políticas e determinação de ações.

A Pesquisa operacional tem como objetivo principal, determinar a programação otimizada de atividades ou recursos, fornecendo um conjunto de procedimentos e métodos qualitativos para tratar de forma sistematizada problemas que envolvem recursos escassos, apoiar a tomada de decisão em busca de solução sustentável de problemas que podem ser representados por modelos matemáticos.

Modelo matemático, representação simplificada de uma dada situação real, em que denota a essência do problema, representa grandezas envolvidas por variáveis e suas relações de interdependência, por expressões matemáticas.

A eficiência de um modelo depende de vários fatores que são:

- Natureza das relações entre as variáveis;
- Objetivos a almejar;

Extensão do controle sobre as variáveis e o nível de incerteza existente nas relações entre as variáveis assim como na própria definição das variáveis; entre outros. Assim, para cada conjunto de situações específicas, o modelo matemático deve ter uma forma padronizada para cada caso, e a tomada de decisão requer solução que responda a três questões (SANDMANN e BARROS, 2010):

1. Qual é a meta a atingir? (Definição do objetivo).
2. Quais são as alternativas para a decisão? (Variáveis de decisão).
3. Sob quais condições a decisão deve ser tomada? (Restrições).

## 2.2. Programação matemática

Em Pesquisa Operacional, “programação” significa planejamento de atividades. Programação Matemática, é um vasto campo onde se estuda problemas de Otimização, e que engloba uma ampla classe de problemas. Desde tempos remotos cientistas como: Euclides, Isaac Newton, Lagrange, Leontisf, Von Neumann, dentre outros, tem dedicado seus estudos nesta área. (LACHTERMACHER, 2009)

Programação Linear significa planejamento em linearidade de atividades, em que se resume em encontrar solução para problemas que admitem modelos representados por funções, equações e inequações lineares, nesta programação as funções do modelo são lineares em relação às variáveis.

Problema em programação matemática (PPM), tem como objetivo fundamental, encontrar melhor solução para problemas que podem ser representados por modelos matemáticos, em que o objetivo pode ser expresso em função das variáveis e as restrições como equações ou inequações. Os modelos matemáticos utilizados em PPM seguem uma estrutura padrão composta por uma função-objetivo, um critério de otimização e um conjunto de restrições (SILVA NETO e OLIVEIRA, 2009).

Segundo Lachtermacer (2004) e Ravindran et al (1987) um problema de programação linear está em sua forma padrão se “tivermos uma Maximização da função-objetivo e se todas as restrições forem do tipo menor ou igual, bem como os termos constantes e variáveis de decisão não negativos”. A

construção de um modelo de programação linear segue três passos básicos, a saber:

- a) Passo I: Identificação das variáveis de decisão;
- b) Passo II: Listagem de todas as restrições do problema;
- c) Passo III: Identificação do objetivo ou critério de otimização do problema, com objetivo de maximizar ou minimizar.

Nesta programação, as variáveis de decisão assumem qualquer valor real, função-objetivo e as funções que descrevem restrições são lineares e assumem a forma:  $\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n$ . Um Problema de Programação Linear (PPL) tem como função-objetivo e todas as restrições são lineares relativamente as variáveis de decisão (Ravindran *et al.*, 1987).

Função-objetivo é toda função que expressa o principal objetivo da pessoa interessada que procura maximizar ou minimizar o resultado desta função. Maximizar quando a função se refere a lucros, receitas entre outros e minimizar quando a função se refere a custos, riscos e perdas. (SANDMANN e BARROS, 2010).

Modelagem Matemática, atividade que consiste em aplicar matemática para descrever, formular, modelar e resolver uma situação-problema de alguma área do conhecimento, determinando suas fronteiras em relação a outros ambientes. (POLLACK (2001) e BARBOSA (2003)).

## 2.3. Soja e milho

Os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pelas plantas são: Nitrogênio (N) e Potássio (K) e suas eficiências afetam diretamente a produtividade. Devido o seu baixo rendimento, não se recomenda a aplicação de adubo nitrogenada para a cultura de soja, mas sim, recomenda-se inoculação da cultura com sucessos rizóbio que pode suprir toda a necessidade de nitrogênio sem comprometer a

produção. Enquanto o milho é uma cultura com capacidades de remover grandes quantidades de nitrogênio, por isso para uma produção elevada desta cultura recomenda-se o uso de adubação nitrogenada em cobertura a fim de completar a quantidade suprida pelo solo.

À exemplo do nitrogênio, as respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e frequentes devido ao baixo teor de fósforo disponível na maioria dos solos brasileiros, apesar do fósforo total estar presente em quantidades razoáveis (50 a 350 ppm). As quantidades do fósforo exigidas pelo milho são bem menores do que em relação ao nitrogênio e ao potássio, mas as doses normalmente recomendadas são altas em função da baixa eficiência que ronda em 20 a 30% de aproveitamento desse nutriente pela cultura, devido a alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo através de mecanismos de absorção e precipitação, reduzindo sua disponibilidade às plantas. O milho por ser uma planta de ciclo curto e de intenso desenvolvimento requer maior nível de fósforo em solução. (COELHO et al (2007) e EMBRAPA (2009)).

A análise do solo se mostra útil para discriminar potenciais de respostas do milho à adubação fosfatada, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores devem ser levados em conta na aplicação de sulco de semeadura e no ajustamento das doses. Como a lixiviação de fósforo pelas águas de percolação praticamente inexistentes em solos minerais, ele tende a se acumular no solo de modo que, com o passar dos anos há um aumento no teor desse nutriente no solo. Assim quando o solo apresentar teores de fósforo acima do nível crítico, ou seja, valor acima do qual não se espera resposta do milho a esse nutriente, a manutenção desse valor é feita pela reposição anual da quantidade removida no produto colhido. Para o milho, considera-se que, para cada tonelada de grãos produzida, são

exportados 10 kg de  $P_2O_5$ . (KAMINSKI e PERUZZO, 1997).

## 2.4. Bovinocultura de leite

Segundo Sandmann (2013) o leite e a carne são considerados produtos que apresentam elevadas possibilidades de crescimento, com uma taxa anual de 2,75% correspondendo uma produção de 36,9 bilhões de leite cru no final do período das projeções, a taxa de consumo interno poderá crescer nos próximos anos atingindo 2,23% por ano.

Ainda conforme Sandmann (2013) dejetos é o conjunto de fezes, urina, água desperdiçada, água de higienização e resíduos de ração, do processo de criação. A concentração de um número significativo de animais em uma área limitada resulta um apreciável volume de dejetos.

Os dejetos das vacas são ricos em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, contribuindo para melhorar a fisiologia do solo consequentemente aumentando a produtividade das culturas. No Brasil, os produtores de milho e soja usam os dejetos bovinos como adubos orgânicos aumentando 25% da produtividade e controlam desta forma as pragas. (PEREIRA, 1992).

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho recorreu-se na pesquisa qualitativa e quantitativa onde realizou-se a revisão da literatura impressa e virtual sobre a pesquisa operacional, modelagem matemática, culturas agrícolas e bovinocultura de leite, para posteriormente descrever a formulação do modelo utilizado.

Foram realizadas visitas e entrevistas junto ao agricultor visando a aquisição de dados, onde a partir dos mesmos pensou-se e elaborou-se um modelo matemático na plataforma LINGO 4.0 que possibilite a

redistribuição de culturas para garantir a autossustentabilidade do sistema agrário dando ao agricultor um equilíbrio financeiro e ambiental na UPA.

### 3.1. Função – Objetivo

Para a elaboração da função objetivo consideramos as seguintes variáveis:

- a) Preço de leite e da carne do rebanho;
- b) Custo por animal (vaca leiteira, novilhas, terneiro e vaca seca) sem incluindo medicamento, sal comum, sal mineral e inseminação artificial;
- c) Consumo por hectare para as pastagens (silagem, aveia, azevém, cana de açúcar, tifton 85 e sorgo);

O modelo permite-nos ter duas funções objetivas definidas como:

Função Objetivo1 → MAX=REM  
EQ.1

Função Objetivo2 → MAX=REA  
EQ.2

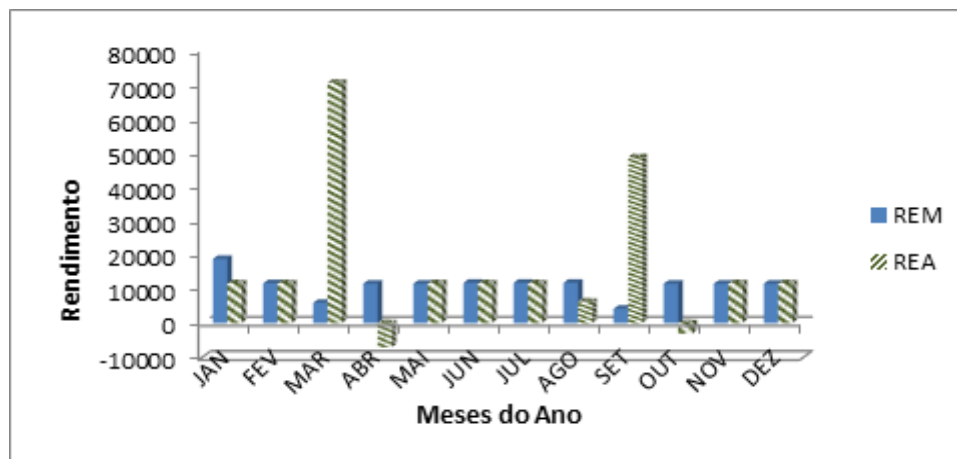
A função objetivo 1 fornece o resultado econômico mensal de cada mês do ano, a qual permite ao agricultor verificar a pior renda do mês relativo à produtividade do sistema, enquanto a função 2 fornece ao agricultor a otimização do resultado econômico mensal.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a Figura 01, o rendimento econômico mínimo mensal apresenta uma estabilidade com valor mínimo de R\$4216,834 no mês de setembro e valor máximo de R\$18859,56 no mês de Janeiro, enquanto o rendimento anual mais baixo é de R\$.-7046,256 observado no mês de Abril e valor máximo de R\$11708.52 no mês de janeiro.

Para melhor compreensão da distribuição das simulações dos resultados econômicos mensal e anual elaborou-se a Figura 01.

**Figura 01:** Simulações dos resultados econômicos mínimos mensal (REM) e anual (REA).

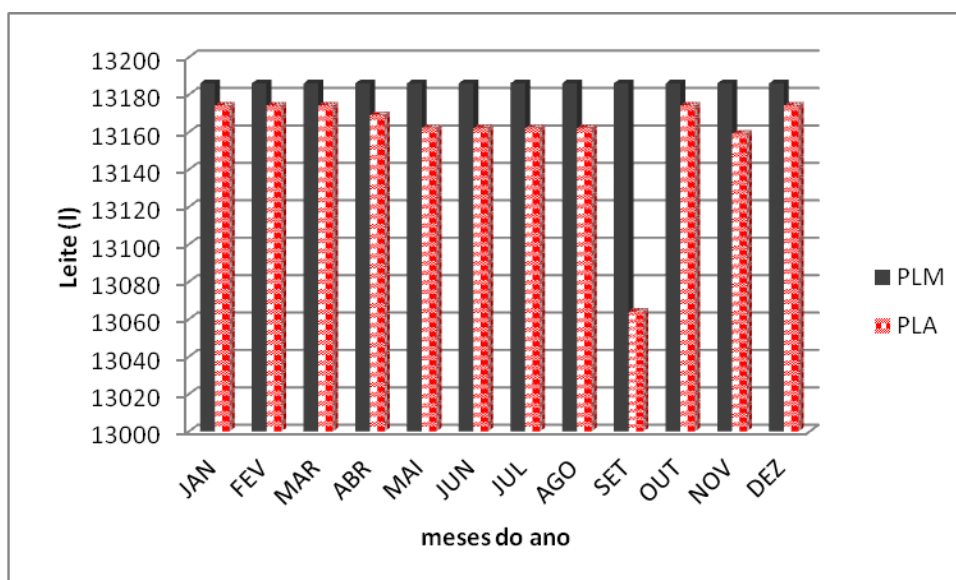


Na maximização mensal, os meses de março e setembro apresentam-se com valores baixos devido a lavoura e sementeira de milho, consequentemente há escassez de pastagens para alimentação de bovino, o que influencia na produção de leite. Enquanto para maximização anual, abril e outubro são meses que apresentam

rendimento muito baixo devido a sua coincidência com plantio de soja.

Na Figura 02 estão apresentados resultados das simulações de produção de leite mensal e anual, na qual se verifica uma oscilação dos valores na produção anual.

**Figura 02:** Produção de leite mensal de acordo com simulações



Observa-se uma oscilação dos valores na produção de leite anual, fato que acontece devido a coincidência com plantio de milho. Nesse período ocorre escassez de pastagem para vacas em lactação e conseqüentemente a produção de leite reduz isso poderá cobrar do

agricultor uma necessidade de capital circulante expressiva.

A Tabela 01 indica os resultados de otimização do modelo (REM) e (REA) consoante suas variáveis.

**Tabela 01:** Resultados de otimização do modelo (REM) e (REA)

Variável	Descrição	Unidade	Modelo (REM)	Modelo (REA)
REA	Resultado econômico	Reais	11586,95	134200,5
VL	Vacas em lactação	Cabeças	28	28
VS	Vacas secas	Cabeças	12	12
VD	Vacas descartes	Cabeças	13	13
N	Novilhas	Cabeças	14	14
TF	Terneiros	Cabeças	14	14
MILHO1	Milho verão	Hectare	0	0
MILHO2	Milho inverno	Hectare	0,17	12.39
SIL1	Silagem verão	Hectare	2.96	0
SIL12	Silagem inverno	Hectare	0	2.29
S	Soja	Hectare	0	14.68
POT	Potreiro	Hectare	2,59	0
R	Ração	Kg	56711,06	56396.76
AV	Aveia/Azevém	Hectare	1,29	0.239
CE	Tifton 85	Hectare	1.29	0.239
SOR	Sorgo forrageiro	Hectare	0.217	0.294
CANA	Cana	Hectare	1.185	0
DEJSVT	Dejetos rebanho leiteiro	Mil litros	667719.8	668937.8

Nitrogênio três categorias				
NTOTAL	Produzidos	Kg	562.8878	563.9146
Nitro	Nitrogênio Absorvido	Kg	1621.391	2276.598
Fósforo três categorias uso				
PTOTAL	Fósforo Absorvido	Kg	311.1574	311.725
Fósforo	Fósforo Absorvido	Kg	357.1006	973.123
SAUV	Área disponível verão	Hectare	15	15
SAUI	Área disponível inverno	Hectare	15	15

Na Tabela 01, apresenta-se resultados das duas simulações em função das variáveis. Na primeira simulação o resultado mensal mínimo foi de R\$115.869,5 que garante ao agricultor uma estabilidade durante os meses do ano, ou seja, fornece ao agricultor uma renda mensal mínima aceitável durante o percurso do ano levando em consideração as necessidades da propriedade. O rendimento econômico anual foi de R\$134.200,5 maior quando comparado

com o mensal e o resultado econômico anual disponibiliza uma área de 14,68 ha que corresponde 97,86% da SAU para a produção de soja destinada a venda e um rebanho bovino com 28 vacas em lactação.

A Tabela 02 apresenta as quantidades dos nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) requeridos pelas culturas e obtidos nos dejetos gerados na UPA para a simulação mensal e simulação anual.

**Tabela 02:** Quantidade de N e P requeridos pelas culturas produzidos na UPA para as duas simulações

Culturas	Demanda de nitrogênio (kg)		Demanda de fósforo (kg)	
	REM	REA	REM	REA
Milho1	0	0	0	0
Milho1	25.5	1860	4.59	1860
Sil1	532.8	0	53.28	0
Sil2	0	345	0	414
SOJA	0	0	0	588
POT	230	0	80.5	0
AV	97.5	17.25	39	6.9
CE	520	92	45.5	8.05
SOR	42.8	62.06	5.2	7.54
CANA	144	0	65.28	0
Necessidade Total	1621,391	2276,598	357,1	973,1
Produção Total	563.9146	562,8878	311,7250	311.1574
Necessidade de compra	1057,4764	1713,7102	45,375	661,9426

Verifica-se na Tabela 02 que o nitrogênio é um nutriente que apresenta maior quantidade de quilos quando comparado com o fósforo. Para o resultado econômico mensal temos um total de 1621,391 kg de nitrogênio com uma produção total de 563, 9146 kg, desta forma o agricultor poderá comprar 1057,4764

kg para completar a necessidade total pretendida pelas culturas e no rendimento anual ele poderá comprar 1713,7102 kg para completar os 2276, 598 kg necessitados pelas culturas.

O fósforo apresenta quantidades menores em duas simulações, sendo necessários 45,375 kg no rendimento mensal e 661,9426 kg

na simulação anual.

Para Sandmann (2013) as quantidades dos nutrientes em falta, ou seja, quantidades que o agricultor deve comprar segundo a Tabela 02 são aceitáveis para completar as necessidades dos nutrientes totais requeridos pelas culturas.

## 5. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho conclui-se que a pesquisa operacional é uma ferramenta indispensável na tomada de decisão de modo a facilitar a vida do homem.

A função objetivo 1, maximização do resultado econômico mensal mínimo, garante uma estabilidade financeira ao agricultor durante os meses do ano, não exigindo do agricultor um valor extra para reforçar suas atividades embora haja pequenas oscilações.

A função objetivo 2, maximização do resultado anual, constitui um problema na tomada de decisão do agricultor, devido sua variação brusca prejudicando desta forma suas atividades.

Nas duas funções objetivas, não foi possível o alcance do índice ótimo de utilização de nitrogênio e fósforo para o cultivo de toda área de UPA, ou seja, o nitrogênio e fósforo presentes não foram suficientes para atender a demanda das culturas, o que obriga o agricultor a comprar quantidade adicional necessitada para alcançar o índice ótimo pretendido.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática na sala de aula**. Erechim: Perspectiva, 2003.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 11p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 96), 2007.

EMBRAPA (Empresa Brasileira pesquisa). **Manual de análises Químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA, informações tecnológicas, 2009.

FREDERICK S. H.; LIEBERMAN G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**, 8ª Edition, McGraw-Hill, 2006.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia os fosfatos naturais reativos em sistema de cultivos**. (Boletim Técnico 3). Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, P.31, 1997.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional**. São Paulo/SP. 4ª edição, ed. Person, 2009.

PEREIRA, A. S. **Higiene e sanidade animal**. Santarém, 1992.

POLLAK, H. O. **History of the Teaching of Modeling**. 2001.

RAVINDRAN, V.; KOMEYAY, E. T.; RAJAGURU, A. S. B.; NOTTER, D. R., 1987. **Cassava leaf meal as a replacement for coconut oil meal in pig diet**. *J. Sci. Food Agric.*, **41** (1): **45-53**. <http://www.feedipedia.org/node/2073>. Acessado em 22/08/2015

SANDMANN, A. e BARROS, M. J. **Modelagem Matemática dos Condicionantes Técnicos Econômicos Financeiros de uma Unidade de Produção Agropecuária com Bovinocultura de Leite**. Medianeira: Editora Independente, 2010.

SANDMANN, A. **Maximização econômica em unidade produtiva agropecuária com reutilização dos efluentes gerados**. Tese de (doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS JR, G. T. **Pesquisa Operacional: Uma Abordagem Básica**. São Paulo: Atlas, 1979.

SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A. de. **Modelagem e planejamento de sistemas de produção agropecuária**. Ijuí; UNIJUÍ, 2009.

**Artigo submetido em: 23.04.2014**

**Artigo aprovado para publicação em: 16.11.2015**