

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS PARA O AGRONEGÓCIO

JANAINA FERNANDA MARCOLIN

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO  
AGROPECUÁRIA E USO ADEQUADO DOS EFLUENTES GERADOS  
EM UMA UNIDADE PRODUTORA ADJACENTE AO LAGO DE ITAIPU**

MEDIANEIRA

2021

JANAINA FERNANDA MARCOLIN

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO  
AGROPECUÁRIA E USO ADEQUADO DOS EFLUENTES GERADOS EM UMA  
UNIDADE PRODUTORA ADJACENTE AO LAGO DE ITAIPU**

**Mathematical Modeling for Optimization of Agricultural Production and proper  
use of effluents generated in a Production Unit adjacent to Lake Itaipu**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Tecnologias  
Computacionais Para o Agronegócio da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. André Sandmann.

Coorientadora: Carla Adriana Pizarro Schmidt.

MEDIANEIRA

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira



JANAINA FERNANDA MARCOLIN

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E USO ADEQUADO DOS EFLUENTES GERADOS EM UMA UNIDADE PRODUTORA ADJACENTE AO LAGO DE ITAIPU.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologias Computacionais Para O Agronegócio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias Computacionais Aplicadas À Produção Agrícola E Agroindústria.

Data de aprovação: 29 de Julho de 2021

Prof Andre Sandmann, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Carla Adriana Pizarro Schmidt, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Eduardo Eyng, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Laercio Mantovani Frare, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Vera Lucia Antunes De Lima, Doutorado - Universidade Federal de Campina Grande (Ufcg)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 12/09/2021.

Dedico este trabalho à Deus, ao meu esposo, aos meus pais e à minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por oportunizar-me a realizar esta pesquisa e assim compartilhar o conhecimento com a sociedade.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Sandmann, pela sabedoria que me guiou nesta trajetória.

Ao meu esposo, que acompanhou todo o meu trabalho e apoiou e motivou-me todos os dias.

A minha família em especial aos meus pais, pela confiança e motivação.

Aos proprietários da unidade de produção agropecuária analisada, pela colaboração ao meu trabalho.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

A agropecuária vem crescendo cada vez mais devido à demanda por alimentos, fibras e biocombustíveis e aos avançados recursos tecnológicos, elementos estes que corroboram com a otimização da produção intensiva. Pode-se salientar que junto a este desenvolvimento vem a preocupação com a quantidade e o destino dos rejeitos produzidos na atividade pecuária. Com isso o produtor deve promover um planejamento adequado que o auxilia em suas tomadas de decisão. Ora posto, tem-se na Modelagem e Programação Matemática importantes ferramentas para auxiliar produtores rurais. Portanto esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um modelo matemático voltado à programação linear, elaborado no software LINGO 4.0 que desse subsídio no processo de planejamento da produção e auxiliasse na tomada de decisão das atividades, proporcionando a otimização da agropecuária ao se considerar dois fatores conflitantes: o aumento na produtividade, ensejando-se maior lucratividade e a adequação da Unidade de Produção Agropecuária (UPA) à legislação ambiental vigente. Para isso foi selecionada uma propriedade piloto do município de Santa Helena localizado no oeste paranaense. Num primeiro momento, foram realizadas visitas e entrevistas ao produtor rural da unidade escolhida para obter a interpretação da produção agropecuária e caracterização dos elementos relevantes à obtenção de resultados. Após a coleta dos dados foi realizada a análise e desenvolvido um modelo matemático para otimização de uma unidade de produção agropecuária caracterizada pela integração lavoura-pecuária. Esta pesquisa teve como principal resultado a maximização do resultado econômico anual (REA), que se mostrou mais eficaz do que a simulação do resultado econômico mensal (REM), no que tange sobre o aproveitamento da superfície de área útil e dos resíduos gerados na atividade agropecuária. Obteve-se o reuso total dos efluentes da suinocultura que são os mais impactantes, na própria UPA; já os dejetos de aves, devido à facilidade de manejo, o alto valor econômico agregado e a logística de fácil aplicação, o modelo sugeriu a comercialização como adubo orgânico.

**Palavras-chave:** pesquisa operacional; programação linear; integração lavoura-pecuária.

## ABSTRACT

Agriculture has been growing more and more due to the demand for food, fiber and biofuels and advanced technological resources, elements that support the optimization of intensive production. It can be noted that along with this development comes the concern with the quantity and destination of tailings produced in the livestock activity. With this, the producer must promote an adequate planning that helps him in his decision-making. Now, in Modeling and Mathematical Programming, we have important tools to help rural producers. Therefore, this research aimed to develop a mathematical model aimed at linear programming, developed in the LINGO 4.0 software that would subsidize the production planning process and assist in decision-making activities, providing the optimization of agriculture by considering two conflicting factors: the increase in productivity, giving rise to greater profitability and the adjustment of the Agricultural Production Unit (UPA) to current environmental legislation. For this, a pilot property in the municipality of Santa Helena located in the west of Paraná was selected. At first, visits and interviews were carried out with the rural producer of the chosen unit to obtain the interpretation of agricultural production and characterization of the relevant elements to obtain the results. After data collection, analysis was performed and a mathematical model developed to optimize an agricultural production unit characterized by crop-livestock integration. The main result of this research was the maximization of the annual economic result (REA), which proved to be more effective than the simulation of the monthly economic result (REM), with regard to the use of the useful area surface and the waste generated in the activity farming. The total reuse of swine effluents, which are the most impactful, in the UPA itself was obtained; on the other hand, poultry waste, due to its ease of handling, high added economic value and easy-to-apply logistics, the model suggested commercialization as organic fertilizer.

**Keywords:** operational research; linear programming; crop-livestock integration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Foto aérea do município de Santa Helena.....                            | 40 |
| Figura 2 – Croqui das instalações das atividades de suinocultura e avicultura..... | 42 |
| Figura 3 – Primeira parte do relatório de solução do <i>software</i> LINGO.....    | 45 |
| Figura 4 - Segunda parte do relatório de solução do <i>software</i> LINGO.....     | 46 |
| Gráfico 1 - Simulações sobre os resultados econômicos mensais da UPA.....          | 70 |
| Gráfico 2 - Área da UPA ocupada pelas culturas destinadas à venda.....             | 71 |



## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Teores médios de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e matéria orgânica (MO) de cama de frango e seus coeficientes de variação (CVs). ..... | 30 |
| Tabela 2 – Teores médios de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e matéria orgânica (MO) presentes nos dejetos de suínos.....                           | 31 |
| Tabela 3 - Quantidades médias absorvidas e exportações de nutrientes por tonelada de soja produzida .....   | 33 |
| Tabela 4 – Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades.....    | 34 |
| Tabela 5 - Resultados da otimização do modelo (REA e REM) e da situação atual (observada) .....   | 69 |
| Tabela 6 - número de lotes de suínos e aves nas três situações.....   | 72 |
| Tabela 7 - Quantidades de N e P demandados pelas culturas e produzidos na UPA para as duas simulações e situação atual.....                           | 73 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|  |  |
|--|--|
| AQUECIMENTOAVE(i)<br>(i = 1,2,3,4,5,6) | CUSTO COM AQUECIMENTO DOS (i)º LOTES<br>DOS CINCO AVIÁRIOS |
| AQUECIMENTOAVETOTAL                    | CUSTO COM AQUECIMENTO DOS SEIS LOTES<br>DOS CINCO AVIÁRIOS |
| AVE                                    | TOTAL DE AVES DOS SEIS LOTES DOS CINCO<br>AVIÁRIOS         |
| AVE(i)A                                | TOTAL DE AVES DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO A                    |
| AVE(i)B                                | TOTAL DE AVES DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO B                    |
| AVE(i)C                                | TOTAL DE AVES DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO C                    |
| AVE(i)D                                | TOTAL DE AVES DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO D                    |
| AVE(i)E                                | TOTAL DE AVES DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO E                    |
| CUSTOAVE                               | CUSTO TOTAL COM AVES                                       |
| CUSTOMILHO1C                           | CUSTO COM A COLHEITA DO MILHO VERÃO                        |
| CUSTOMILHO1P                           | CUSTO COM O PLANTIO DE MILHO VERÃO                         |
| CUSTOMILHO1S                           | CUSTO COM A COMPRA DE SEMENTES DE<br>MILHO VERÃO           |
| CUSTOMILHO1V                           | CUSTO COM VENENO PARA O MILHO VERÃO                        |
| CUSTOMILHO2C                           | CUSTO COM A COLHEITA DO MILHO INVERNO                      |
| CUSTOMILHO2P                           | CUSTO COM O PLANTIO DE MILHO INVERNO                       |
| CUSTOMILHO2S                           | CUSTO COM A COMPRA DE SEMENTES DE<br>MILHO INVERNO         |
| CUSTOMILHO2V                           | CUSTO COM VENENO PARA O MILHO INVERNO                      |
| CUSTON                                 | CUSTO PARA COMPRA DE NITROGÊNIO                            |
| CUSTOP                                 | CUSTO PARA COMPRA DE FOSFORO                               |
| CUSTOPLANTIOTERRA                      | CUSTO COM O ARRENDAMENTO DE TERRA                          |
| CUSTOSOJAC                             | CUSTO COM A COLHEITA DA SOJA                               |
| CUSTOSOJAP                             | CUSTO COM O PLANTIO DA SOJA                                |
| CUSTOSOJAS                             | CUSTO COM A COMPRA DE SEMENTES DE<br>SOJA                  |
| CUSTOSOJAV                             | CUSTO COM VENENO PARA A SOJA                               |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| CUSTOSUINO                   | CUSTO TOTAL COM SUÍNOS  |
| DEJAVE                       | QUANTIDADE DE DEJETOS PRODUZIDOS POR TODOS AS AVES (ANUAL)          |
| DEJAVELAV                    | QUANTIDADE DE DEJETOS DE AVES UTILIZADOS NA LAVOURA                 |
| DEJAVEVENDA                  | QUANTIDADE DE DEJETOS DE AVES VENDIDOS                              |
| DEJSUINO                     | QUANTIDADE DE DEJETOS PRODUZIDOS POR TODOS OS SUÍNOS (ANUAL)        |
| FOSFORO1                     | QUANTIDADE DE FOSFORO NECESSÁRIA PARA AS CULTURAS DE ESTAÇÃO QUENTE |
| FOSFORO2                     | QUANTIDADE DE FOSFORO NECESSÁRIA PARA AS CULTURAS DE ESTAÇÃO FRIA   |
| GANHOMILHO1                  | GANHO NA VENDA DO MILHO VERÃO                                       |
| GANHOMILHO2                  | GANHO NA VENDA DO MILHO INVERNO                                     |
| GANHOSOJA                    | GANHO NA VENDA DA SOJA  |
| LOTEAVE                      | TOTAL DE LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS (ANUAL)                           |
| LOTEAVE(i)A                  | (i)º LOTE DO AVIÁRIO A  |
| LOTEAVE(i)B                  | (i)º LOTE DO AVIÁRIO B  |
| LOTEAVE(i)C                  | (i)º LOTE DO AVIÁRIO C  |
| LOTEAVE(i)D                  | (i)º LOTE DO AVIÁRIO D  |
| LOTEAVE(i)E                  | (i)º LOTE DO AVIÁRIO E  |
| LOTEAVEA                     | TOTAL DE LOTES DO AVIÁRIO A   |
| LOTEAVEB                     | TOTAL DE LOTES DO AVIÁRIO B   |
| LOTEAVEC                     | TOTAL DE LOTES DO AVIÁRIO C   |
| LOTEAVED                     | TOTAL DE LOTES DO AVIÁRIO D   |
| LOTEAVEE                     | TOTAL DE LOTES DO AVIÁRIO E   |
| LOTESUINO                    | TOTAL DE LOTES DAS TRÊS POCILGAS (ANUAL)                            |
| LOTESUINO(j)A<br>(j = 1,2,3) | (j)º LOTE DA POCILGA A  |

|                 |  |
|-----------------|--|
| LOTESUINO(j)B   | (j)º LOTE DA POCILGA B                                   |
| LOTESUINO(j)C   | (j)º LOTE DA POCILGA C                                   |
| LOTESUINO A     | TOTAL DE LOTES DA POCILGA A                              |
| LOTESUINO B     | TOTAL DE LOTES DA POCILGA B                              |
| LOTESUINO C     | TOTAL DE LOTES DA POCILGA C                              |
| LUZAVIARIO(i)A  | CUSTO DA LUZ DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO A                   |
| LUZAVIARIO(i)B  | CUSTO DA LUZ DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO B                   |
| LUZAVIARIO(i)C  | CUSTO DA LUZ DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO C                   |
| LUZAVIARIO(i)D  | CUSTO DA LUZ DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO D                   |
| LUZAVIARIO(i)E  | CUSTO DA LUZ DO (i)º LOTE DO AVIÁRIO E                   |
| LUZAVIARIO(i)   | CUSTO DA LUZ DOS (i)º LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS           |
| LUZAVIARIOTOTAL | CUSTO DA LUZ DE TODOS OS LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS        |
| LUZPOCILGA(j)   | CUSTO DA LUZ DOS (j)º LOTES DAS TRÊS POCILGAS            |
| LUZPOCILGA(j)A  | CUSTO DA LUZ DO (j)º LOTE DA POCILGA A                   |
| LUZPOCILGA(j)B  | CUSTO DA LUZ DO (j)º LOTE DA POCILGA B                   |
| LUZPOCILGA(j)C  | CUSTO DA LUZ DO (j)º LOTE DA POCILGA C                   |
| LUZPOCILGATOTAL | CUSTO DA LUZ DE TODOS OS LOTES DAS TRÊS POCILGAS         |
| MANUTAVE(i)     | CUSTO DA MANUTENÇÃO DOS (i)º LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS    |
| MANUTAVETOTAL   | CUSTO DA MANUTENÇÃO DE TODOS OS LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS |
| MANUTSUINO(j)   | CUSTO DA MANUTENÇÃO DOS (j)º LOTES DAS TRÊS POCILGAS     |
| MANUTSUINO(j)A  | CUSTO DA MANUTENÇÃO DO (j)º LOTE DA POCILGA A            |
| MANUTSUINO(j)B  | CUSTO DA MANUTENÇÃO DO (j)º LOTE DA POCILGA B            |
| MANUTSUINO(j)C  | CUSTO DA MANUTENÇÃO DO (j)º LOTE DA                      |

|                     |   |
|---------------------|---|
|                     | POCILGA C   |
| MANUTSUINOTOTAL     | CUSTO DA MANUTENÇÃO DE TODOS OS<br>LOTES DAS TRÊS POCILGAS                |
| MAODEOBRAAVE(i)     | CUSTO DA MÃO DE OBRA DOS (i)º LOTES DOS<br>CINCO AVIÁRIOS                 |
| MAODEOBRAAVETOTAL   | CUSTO DA MÃO DE OBRA DE TODOS OS<br>LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS              |
| MAODEOBRASUINO(j)   | CUSTO DA MÃO DE OBRA DOS (j)º LOTES DAS<br>TRÊS POCILGAS                  |
| MAODEOBRASUINOTOTAL | CUSTO DA MÃO DE OBRA DE TODOS OS<br>LOTES DAS TRÊS POCILGAS               |
| MILHO1              | HECTARE DE MILHO VERÃO  |
| MILHO2              | HECTARE DE MILHO INVERNO  |
| NAVEST              | QUANTIDADE TOTAL DE NITROGÊNIO<br>PRESENTE NOS DEJETOS DAS AVES           |
| NCOMPRA             | QUANTIDADE DE NITROGÊNIO COMPRADO   |
| NECESMILHO1N        | NECESSIDADE DE NITROGÊNIO QUE O MILHO<br>VERÃO NECESSITA                  |
| NECESMILHO1P        | NECESSIDADE DE FOSFORO QUE O MILHO<br>VERÃO NECESSITA                     |
| NECESMILHO2N        | NECESSIDADE DE NITROGÊNIO QUE O MILHO<br>INVERNO NECESSITA                |
| NECESMILHO2P        | NECESSIDADE DE FOSFORO QUE O MILHO<br>INVERNO NECESSITA                   |
| NECESSOJAN          | NECESSIDADE DE NITROGÊNIO QUE A SOJA<br>NECESSITA                         |
| NECESSOJAP          | NECESSIDADE DE FOSFORO QUE A SOJA<br>NECESSITA                            |
| NITROGENIO1         | QUANTIDADE DE NITROGÊNIO NECESSÁRIA<br>PARA AS CULTURAS DE ESTAÇÃO QUENTE |
| NITROGENIO2         | QUANTIDADE DE NITROGÊNIO NECESSÁRIA<br>PARA AS CULTURAS DE ESTAÇÃO FRIA   |

|              |   |
|--------------|---|
| NMAX         | QUANTIDADE TOTAL DE NITROGÊNIO<br>PRODUZIDO PELAS DUAS CULTURAS   |
| NSLA         | QUANTIDADE TOTAL DE NITROGÊNIO<br>PRESENTE NOS DEJETOS DOS SUÍNOS |
| PAVEA        | PREÇO POR AVE AVIÁRIO A   |
| PAVEB        | PREÇO POR AVE AVIÁRIO B   |
| PAVEC        | PREÇO POR AVE AVIÁRIO C   |
| PAVED        | PREÇO POR AVE AVIÁRIO D   |
| PAVEE        | PREÇO POR AVE AVIÁRIO E   |
| PAVEST       | QUANTIDADE TOTAL DE FÓSFORO PRESENTE<br>NOS DEJETOS DAS AVES      |
| PCOMPRA      | QUANTIDADE DE FOSFORO COMPRADO                                    |
| PLUZAVIARIOA | PREÇO LUZ POR LOTE AVIÁRIO A                                      |
| PLUZAVIARIOB | PREÇO LUZ POR LOTE AVIÁRIO B                                      |
| PLUZAVIARIOC | PREÇO LUZ POR LOTE AVIÁRIO C                                      |
| PLUZAVIARIOD | PREÇO LUZ POR LOTE AVIÁRIO D                                      |
| PLUZAVIARIOE | PREÇO LUZ POR LOTE AVIÁRIO E                                      |
| PLUZPOCILGAA | PREÇO LUZ POR LOTE POCILGA A                                      |
| PLUZPOCILGAB | PREÇO LUZ POR LOTE POCILGA B                                      |
| PLUZPOCILGAC | PREÇO LUZ POR LOTE POCILGA C                                      |
| PMAX         | QUANTIDADE TOTAL DE FOSFORO<br>PRODUZIDO PELAS DUAS CULTURAS      |
| PMILHO       | PREÇO POR QUILOGRAMA DE MILHO                                     |
| PRODMILHO1   | PRODUÇÃO DE MILHO VERÃO (KG/HA)                                   |
| PRODMILHO2   | PRODUÇÃO DE MILHO INVERNO (KG/HA)                                 |
| PRODSOJA     | PRODUÇÃO DE SOJA (KG/HA)  |
| PSLA         | QUANTIDADE TOTAL DE FÓSFORO PRESENTE<br>NOS DEJETOS DOS SUÍNOS    |
| PSOJA        | PREÇO POR QUILOGRAMA DE SOJA                                      |
| PSUINOA      | PREÇO POR SUÍNO POCILGA A   |
| PSUINOB      | PREÇO POR SUÍNO POCILGA B   |
| PSUINOC      | PREÇO POR SUÍNO POCILGA C   |

|               |   |
|---------------|---|
| QNAVE         | TOTAL DE NITROGÊNIO PRESENTE NOS DEJETOS DAS AVES   |
| QNSUINO       | TOTAL DE NITROGÊNIO PRESENTE NOS DEJETOS DOS SUÍNOS |
| QPAVE         | TOTAL DE FÓSFORO PRESENTE NOS DEJETOS DAS AVES      |
| QPSUINO       | TOTAL DE FÓSFORO PRESENTE NOS DEJETOS DOS SUÍNOS    |
| REA           | RESULTADO ECONÔMICO ANUAL                           |
| REM           | RESULTADO ECONÔMICO MENSAL                          |
| SAUAREND      | SUPERFÍCIE DE ÁEREA ÚTIL ARRENDADA                  |
| SAUI          | SUPERFÍCIE DE ÁEREA ÚTIL PARA ESTÃO FRIA            |
| SAUPROPRIA    | SUPERFÍCIE DE ÁEREA ÚTIL PRÓPRIA                    |
| SAUV          | SUPERFÍCIE DE ÁEREA ÚTIL PARA ESTÃO QUENTE          |
| SOJA          | HECTARE DE SOJA                                     |
| SUINO         | TOTAL DE SUÍNOS DOS TRÊS LOTES DAS TRÊS POCILGAS    |
| SUINO(j)A     | TOTAL DE SUÍNOS DO (j)º LOTE DA POCILGA A           |
| SUINO(j)B     | TOTAL DE SUÍNOS DO (j)º LOTE DA POCILGA B           |
| SUINO(j)C     | TOTAL DE SUÍNOS DO (j)º LOTE DA POCILGA C           |
| SUINO A       | TOTAL DE SUÍNOS DA POCILGA A (ANUAL)                |
| SUINO B       | TOTAL DE SUÍNOS DA POCILGA B (ANUAL)                |
| SUINO C       | TOTAL DE SUÍNOS DA POCILGA C (ANUAL)                |
| VENDA AVE     | VENDA AVES DE TODOS OS LOTES DOS CINCO AVIÁRIOS     |
| VENDA AVE(i)  | VENDA AVES DO (i)º LOTE DOS CINCO AVIÁRIOS          |
| VENDA AVE(i)A | VENDA AVE (i)º LOTE AVIÁRIO A                       |
| VENDA AVE(i)B | VENDA AVE (i)º LOTE AVIÁRIO B                       |
| VENDA AVE(i)C | VENDA AVE (i)º LOTE AVIÁRIO C                       |
| VENDA AVE(i)D | VENDA AVE (i)º LOTE AVIÁRIO D                       |

|                  |   |
|------------------|---|
| VENDA AVE (i)E   | VENDA AVE (i)º LOTE AVIÁRIO E                       |
| VENDA DE JAVE    | VALOR RECEBIDO PELA VENDA DOS DEJETOS<br>DE AVES    |
| VENDA SUÍNO      | VENDA SUÍNOS DE TODOS OS LOTES DAS<br>TRÊS POCILGAS |
| VENDA SUÍNO (j)  | VENDA SUÍNOS DO (j)º LOTE DAS TRÊS<br>POCILGAS      |
| VENDA SUÍNO (j)A | VENDA SUÍNO (j)º LOTE POCILGA A                     |
| VENDA SUÍNO (j)B | VENDA SUÍNO (j)º LOTE POCILGA B                     |
| VENDA SUÍNO (j)C | VENDA SUÍNO (j)º LOTE POCILGA C                     |



## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>17</b>  |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....   | <b>20</b>  |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....   | 20         |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 20         |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | <b>21</b>  |
| 3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA .....   | 21         |
| 3.1.1 Processos da Pesquisa Operacional no Campo da Modelagem Matemática                       | 21         |
| 3.1.2 Modelagem Matemática na Agropecuária.....  | 23         |
| 3.2 PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL E VEGETAL E NECESSIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO .....            | 26         |
| 3.2.1 Produção de Frango e Aproveitamento dos Resíduos como Insumos .....                      | 28         |
| 3.2.2 Produção de Suínos e Aproveitamento dos Efluentes Produzidos como Insumos Agrícolas..... | 30         |
| 3.2.3 Produção de Soja e Necessidade de Nutrientes.....  | 32         |
| 3.2.4 Produção de Milho e Necessidade de Nutrientes .....                                      | 33         |
| 3.3 IMPACTO AMBIENTAL, LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NA AGROPECUÁRIA..                                  | 35         |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....   | <b>38</b>  |
| 4.1 ELEMENTOS GERAIS DA PESQUISA .....   | 38         |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO .....  | 39         |
| 4.2.1 Dados da UPA .....   | 40         |
| 4.3 PROCEDIMENTOS GERAIS DA PESQUISA.....  | 42         |
| 4.4 FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO .....  | 43         |
| 4.4.1 Software Lingo .....   | 44         |
| 4.5 DESCRIÇÃO DO MODELO .....  | 46         |
| 4.5.1 Função Objetiva .....  | 47         |
| 4.5.2 Dados de Entrada e Restrições .....  | 50         |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....   | <b>67</b>  |
| 5.1 COMPARAÇÃO DO MODELO COM A SITUAÇÃO ATUAL .....  | 67         |
| 5.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO PROPOSTO NAS SOLUÇÕES DO MODELO ....                                   | 68         |
| <b>6 CONCLUSÕES</b> .....  | <b>74</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | <b>76</b>  |
| <b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO: LEVANTAMENTO DE DADOS</b> .....                                  | <b>83</b>  |
| <b>APÊNDICE B - MODELO</b> .....   | <b>90</b>  |
| <b>APÊNDICE C - RESULTADO DO MODELO</b> .....  | <b>102</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário vem se destacando na economia brasileira nas últimas décadas por seu significativo aumento em produtividade e sua crescente importância para a manutenção do equilíbrio da balança comercial do país (EMBRAPA, 2018). No Paraná, o agronegócio é a principal atividade econômica, possuindo uma agricultura diversificada e uma pecuária com elevado grau de desenvolvimento da bovinocultura, suinocultura e avicultura (PARANÁ, 2021).

O produtor de pequeno e médio porte está apostando cada vez mais na produção intensiva, pois neste tipo de produção empregam-se avançados recursos tecnológicos, o que ocasiona uma menor necessidade de trabalhadores na produção, tanto na agricultura quanto na pecuária. Além disso, a ocupação de terras é menor com produtividade bastante elevada.

Junto a este intensivo desenvolvimento e crescimento da agropecuária vêm os impactos ambientais que este setor provoca. Portanto, o produtor deve investir cada vez mais na produção intensiva, mas ao mesmo tempo deve se preocupar com o meio ambiente, obedecendo às leis ambientais vigentes. Atualmente, um dos maiores desafios para o desenvolvimento da agropecuária é manter o crescimento da produção e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos dessa produção sobre os recursos naturais (SAMBUICHI; et al, 2012). Por outro lado, o atendimento as normas ambientais pode trazer ganhos para as empresas, ganhos de eficiência e de mercado, facilidade de acesso a crédito, e lucros com a venda de biofertilizantes, entre outros.

Para que haja esse equilíbrio é necessário ter planejamento e tomada de decisão. Para isso, ferramentas auxiliares à tomada de decisão se fazem necessárias, haja vista que esse processo evolutivo aumenta a complexidade dos sistemas de produção. Com o avanço tecnológico nas atividades agropecuárias, os produtores rurais podem desfrutar desses recursos buscando progresso e melhores resultados.

A modelagem matemática é uma das ferramentas que auxiliam no planejamento e tomada de decisão do produtor rural. Através de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos que auxiliam na resolução de problemas complexos do mundo real, a Modelagem Matemática tem o objetivo de melhorar ou

de otimizar o desempenho nas operações de organizações, visando alcançar os melhores resultados (BRIESEMEISTER; BORBA, 2014).

Segundo Bernardes (2000), através da Modelagem Matemática pode-se construir modelos simplificados de sistemas reais a partir da integração de equipes multidisciplinares com o intuito de sintetizar, apresentar e analisar os diversos aspectos produtivos.

Segundo Reginato, et al (2017), ao se considerar a preservação ambiental, tem-se na Modelagem Matemática a possibilidade de criação de novos roteiros de produção que objetivam, além da permanência do homem no campo com condições adequadas de sobrevivência, o uso dos rejeitos da pecuária na própria propriedade em que são gerados.

Conforme Santos (2010), os modelos podem ser desenvolvidos por métodos e técnicas matemáticas específicas como, a exemplo, Programação Linear, Teorias dos Estoques, das Filas ou dos Jogos, Simulação, Análise de Risco, entre outros.

A Programação Linear, segundo Barboza (2005), é uma das técnicas mais utilizadas por ser simples e pela disponibilidade de *softwares* bastante robustos e confiáveis. Um exemplo é o *software* LINGO, que auxilia na resolução de modelos de problemas lineares de otimização.

Entre os vários fatores que contribuem para o sucesso de um empreendimento rural, muito se deve à habilidade gerencial do seu proprietário, que deve ser entendida não somente como a dedicação às tarefas rotineiras e à relação com seus funcionários, mas envolve também uma visão sistêmica do processo produtivo (OLISZESKI; COLMENERO, 2010).

Portanto o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um modelo matemático que desse subsídio ao processo de planejamento da produção e auxiliasse na tomada de decisão das atividades agropecuárias, contribuindo, dessa forma, para melhoria da condição econômica de médios produtores rurais.

Para tal fim, foi desenvolvido um modelo matemático voltado à programação linear, elaborado no software LINGO 18.0 (*Lindo Systems Inc*, Chicago, EUA), ferramenta esta que oportuniza a aplicação da modelagem matemática para a otimização da agropecuária ao se considerar dois fatores conflitantes: o aumento na

produtividade, ensejando-se maior lucratividade e a adequação da Unidade de Produção Agropecuária (UPA) à legislação ambiental vigente.

Para o desenvolvimento deste modelo foi selecionado uma propriedade piloto que é especializada na produção de proteína animal (aves e suínos) e vegetal (grãos), localizada no município de Santa Helena, Estado do Paraná. A pesquisa de campo para levantamento dos dados na propriedade foi realizada durante os anos de 2019 e 2020.

Esta pesquisa está dividida em fases denominadas de tópicos, em que a princípio traz a justificativa e os objetivos do estudo. Em seguida apresenta a revisão bibliográfica, na qual inicialmente é contextualizado sobre a técnica de pesquisa operacional, mostrando a utilidade dos modelos matemáticos dentro da dinâmica de sistemas agropecuários e descrevendo os principais aspectos da programação linear. Na sequência apresentou-se uma revisão sobre a produção de proteína animal e o potencial de nutrientes nos efluentes gerados pela atividade pecuária, e é exposto sobre a produção de proteína vegetal e a necessidade de nutrientes nas culturas. A última parte da revisão comenta sobre os impactos ambientais gerados pela produção agropecuária.

Após a revisão da literatura descreveu-se os matérias e métodos que serão utilizados para a realização desta pesquisa, assim como a caracterização da propriedade piloto selecionada para a coleta dos dados para posterior análise dos mesmos e sequencialmente são apresentados os resultados desta pesquisa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo de programação matemática para unidades de produção agropecuária de pequeno e médio porte que visa maximizar o resultado econômico e ao mesmo tempo contribuir na adequação destas unidades produtivas as exigências ambientais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estimar o custo de produção de proteína animal (suínos e aves) e vegetal (grãos) em uma propriedade piloto;
- b) Estimar o potencial fertilizante dos efluentes de suínos e aves da unidade de produção;
- c) Comparar a viabilidade de diferentes combinações de atividades agropecuárias em relação a variáveis econômicas e à legislação ambiental;
- d) Analisar o potencial de utilização dos dejetos oriundos da pecuária que apresente os melhores resultados econômico-ambientais na produção agrícola;
- e) Indicar, pelos resultados do modelo, a melhor opção para maximizar o resultado econômico.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico apresentam elementos que darão suporte ao desenvolvimento desta dissertação tais como: Modelagem Matemática e sua aplicação na agropecuária e sobre a produção de proteína animal e vegetal.

Para isso, em primeiro momento é apresentado uma revisão sobre a Pesquisa Operacional, ramo da matemática aplicada, e sobre o método Programação Linear. Além disto, é apresentado uma revisão sobre a Modelagem Matemática e seu uso para otimização de sistemas agropecuários.

Em seguida é exposto sobre o mercado de proteína animal (frango e suíno) e vegetal (soja e milho) e sobre a geração de efluentes da produção animal, bem como a necessidade de nutrientes para a produção vegetal.

#### 3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

A Modelagem matemática é uma técnica de representação quantitativa de processos e problemas reais. Usualmente, classificam-se os modelos matemáticos como prescritivos ou descritivos. Dentro dos modelos prescritivos está a Programação Matemática, que está dividida em Programação Linear e não-linear. O ramo da matemática que estuda esses processos é a Pesquisa Operacional. A seguir será explanado sobre cada um desses processos e métodos.

##### 3.1.1 Processos da Pesquisa Operacional no Campo da Modelagem Matemática

O termo “Pesquisa Operacional” surgiu poucos anos antes da Segunda Guerra Mundial. Grupos interdisciplinares de cientistas utilizavam a Pesquisa Operacional para resolver problemas estratégicos e táticos de operações militares. Com o sucesso da técnica e com o avanço dos computadores, este método começou a ser usado em diversas áreas de produção e logística, incluindo vários setores das indústrias e também da agropecuária, com o objetivo de determinar a

melhor forma de utilização de recursos escassos e desenvolver operações otimizadas de empresas (MOREIRA, 2010).

Desde então, a Pesquisa Operacional, ramo da matemática aplicada, vem sendo muito utilizada em vários setores da agropecuária tanto para a solução de problemas no gerenciamento de sistemas complexos ou, simplesmente, como uma ferramenta para análise de decisões (MOREIRA, 2010). Conforme Prado (1999), a pesquisa operacional é uma ciência que objetiva ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisão, visando alcançar os melhores resultados.

Segundo Hillier e Lieberman (2013), a Pesquisa Operacional admite o uso de ferramentas de análise de decisões aplicadas em situações reais para a resolução de problemas, com o intuito de obter a melhor solução, solução ótima, para a organização através da construção de modelos matemáticos.

Com a Pesquisa Operacional é possível desenvolver 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 à definição de políticas e determinação de ações (MACUCULE; SANDMANN; HELLMANN, 2015).

Existem várias técnicas para resolver problemas em Pesquisa Operacional, sendo a Programação Linear um dos modelos mais utilizados. Esse modelo, também chamado de otimização linear, tem sido muito utilizado devido à sua versatilidade e ao fato de usar ferramentas matemáticas relativamente simples, como a análise e resolução de sistemas de equações lineares (MOREIRA, 2010).

A técnica de Programação Linear foi consolidada por George Dantzig, em 1947 e atualmente é aplicada em diversas áreas (SANDMANN, 2009). Como afirma Caixeta Filho (2004), uma das aplicações mais clássicas da programação linear é para o planejamento agrícola, ou mais genericamente, planejamento agroindustrial.

Segundo Lachtermacher (2009) a programação linear é o campo da matemática em que se estudam os métodos de maximização ou minimização de uma função linear de várias variáveis na condição de que as variáveis satisfaçam às restrições expressas na forma de desigualdades lineares.

Os principais grupos de restrições normalmente utilizados para a modelagem de UPAs são: Restrições de Superfície; Restrições de Mão de Obra; Restrições de Máquinas, Equipamentos e Instalações; Restrições de Rotação de

Culturas; Restrições de Fertilidade do Ecossistema; Restrição do impacto ambiental e Restrição de tratamento de resíduos (SILVA NETO; OLIVEIRA, 2007).

Para Silva Neto e Oliveira (2007) a programação matemática pode ser uma ferramenta interessante no auxílio à tomada de decisão, sendo, porém, pouco utilizada, principalmente em unidades de produção agropecuária - UPA. Por outro lado, há uma grande disponibilidade de softwares bastante robustos e confiáveis que tornam o uso da Programação Matemática mais fácil.

Um exemplo é o software LINGO®, que auxilia na resolução de modelos de problemas lineares de otimização ao se considerar dois fatores conflitantes: o aumento na produtividade, ensejando-se maior lucratividade e a adequação da Unidade de Produção Agropecuária (UPA) à legislação ambiental vigente (REGINATO, et al, 2017).

Portanto, com o uso do software LINGO, torna-se mais fácil programar modelos matemáticos de otimização para a produção agropecuária de uma UPA, a fim de maximizar a produção agropecuária e minimizar os impactos ambientais gerados por ela, adequando-se a legislação ambiental vigente.

### 3.1.2 Modelagem Matemática na Agropecuária

A Modelagem Matemática usa amplamente a Matemática e a Computação Científica a fim de buscar soluções para problemas reais em diversas áreas, tais como: Matemática, Física, Engenharias, Ciências Agrárias, Economia, Ciências da Saúde e Meio Ambiente, Biologia, Química, Ciências da Computação, entre outras (SANDMANN, 2009).

Com modelos matemáticos é possível representar o funcionamento de um sistema por meio de equações, inequações, algoritmos e funções matemáticas. Com este tipo de modelo é possível processar dados em um sistema e transformá-los em informações úteis para tomada de decisões e apresentar várias alternativas de resultados diferentes e identificar estratégias otimizantes (MOREIRA, 2010).

Os modelos matemáticos podem ser divididos em dois grandes tipos: modelos de simulação e modelos de otimização. Os modelos de simulação permitem



a construção e análise de alternativas antes da real implementação de qualquer uma delas. Fornece certo grau de flexibilidade em relação à escolha da opção mais adequada (ANDRADE, 1998).

Já nos modelos de otimização o analista deve encontrar a melhor alternativa através de uma análise matemática, ou seja, deve-se escolher apenas uma única alternativa que será denominada ótima. Portanto, diferentemente do anterior, esse modelo não permite flexibilidade de escolha de alternativa (ANDRADE, 1998).

Segundo Oliszeski e Colmenero (2010), os modelos de otimização são utilizados para encontrar a alternativa que melhor atenda a um objetivo predeterminado. Esses modelos têm a finalidade de determinar valores para um conjunto de variáveis de decisão que irão maximizar ou minimizar uma função objetiva sujeita a restrições (OLISZESKI; COLMENERO, 2010).

Para a construção de um modelo de otimização é necessário seguir alguns procedimentos. Segundo Moreira (2010), adaptado de (ANDRADE, 1998), os procedimentos são:

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

A etapa 1 define a finalidade do problema em estudo. As etapas 2, 3 e 4 representam a construção do modelo demonstrando a etapa 1 em formas matemáticas. A etapa 5 utiliza métodos de solução, como pacotes computacionais, software ou ferramentas de programação, para resolver o modelo das etapas 2, 3 e 4. A etapa 6 tem a finalidade de avaliar e validar o resultado e verificar se o modelo apresentado condiz com a proposta inicial, sendo possível ser aplicado em sistemas reais. Por fim, a etapa 7 fica responsável por implementar a solução na prática, transformando os resultados do modelo em decisões.

Tanto a função objetiva quanto as restrições são representadas por expressões matemáticas que dependem das variáveis de decisão. Os termos

variáveis de decisão, função objetiva e restrições são frequentemente utilizados nos modelos de otimização. Segundo Ignizio (1982), citado por Oliszeski e Colmenero (2010) define esses termos como:

- a) Variáveis de decisão: são variáveis que estão sob o controle do decisor e que tem influência na solução do problema de otimização;
- b) Função objetiva: é uma função matemática das variáveis de decisão que representa os desejos do decisor como, por exemplo, maximizar os benefícios ou minimizar os custos;
- c) Restrições: representam as limitações dos recursos disponíveis ou exigências específicas sobre as variáveis.

Ou ainda, segundo Sandmann e Barros (2010), 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:

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).

Portanto, para a formulação de um modelo matemático de otimização, é necessário coletar os dados necessários do sistema em estudo, a fim de identificar as variáveis de decisão e as restrições para então formular a função objetiva.

Quando o sistema se trata de uma unidade de produção agropecuária – UPA, diversos são os conceitos desenvolvidos sobre o comportamento desses sistemas. A agropecuária, que utiliza vários campos do conhecimento, deve ser entendida como um sistema por possuir componentes característicos como solo, plantas e animais, que formam uma organização sistêmica onde há uma interação entre fatores endógenos (solo-planta; planta-animal; animal-solo) e fatores exógenos (variáveis meteorológicas; dependência do mercado) (MOREIRA, 2010).

Nesse sentido, tem-se justificado a necessidade da utilização da pesquisa operacional com modelagem matemática para explicá-los (MOREIRA, 2010). Segundo Oliszeski e Colmenero (2010), a utilização de técnicas de otimização baseadas em processos que envolvem múltiplos objetivos vem crescendo de forma expressiva em diversas áreas, principalmente no que se refere a problemas de tomada de decisão no setor agropecuário.

Portanto, o desenvolvimento de modelos matemáticos de otimização que contribuam para a compreensão e tomada de decisão mais eficaz dos problemas enfrentados por agropecuárias, seria de grande auxílio para prover um melhor planejamento dos processos.

### 3.2 PRODUÇÃO DE PROTEÍNA ANIMAL E VEGETAL E NECESSIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de produtos agropecuários, ocupando o terceiro lugar mundial (ARTUZO, 2018). No setor pecuário, em nível mundial, analisando, as três principais carnes consumidas: suína, frango e bovina, observa-se o maior crescimento da produção da carne suína que ultrapassa a produção de carne bovina e torna-se a mais produzida mundialmente. A carne de frango, por outro lado, tem apresentado um crescimento mais elevado que o das demais carnes e superou a produção de carne bovina e aproxima-se do volume da carne suína, devendo ultrapassá-la no futuro próximo (TALAMINI; MARTINS; FILHO, 2019).

No Brasil em 2000 a carne bovina era a mais importante em volume de produção, até 2007, quando foi superada pela produção da carne de frango, que desde então é a líder em volume de produção. A carne suína, apesar das condições favoráveis e do potencial de produção do Brasil, não apresentou o crescimento esperado e continua a ter um crescimento moderado. Entre os anos de 2000 e 2018 o volume produzido de carne de frango cresceu 2,2 vezes, o da carne suína 1,4 vezes e o da carne bovina 1,5 vezes no país (TALAMINI; MARTINS; FILHO, 2019).

Assim como na pecuária, o Brasil se destaca na agricultura sendo um dos maiores produtores de grãos do mundo. A modernização do agronegócio transformou o Brasil como o primeiro gigante alimentar tropical do mundo. Os grãos, principalmente a soja e o milho, testemunharam o crescimento rápido da produção e da produtividade, em razão da expansão geográfica na região Centro-oeste do país e a adoção e difusão das inovações tecnológicas (ARTUZO, 2018).

Mas para que se tenha um bom resultado na agropecuária, principalmente na agricultura, é necessário ter um solo fértil para produzir, isto é, que o solo tenha capacidade de fornecer os elementos essenciais à planta durante todo o seu ciclo (RAIJ, 1981; MENDES, 2007) quando isso não acontece é necessário se fazer correções na terra, para que esta fique fértil e assim tenha uma produção maior (LIMA et al, 2012).

Existem vários tipos de solos e cada tipo possui suas características, sendo que alguns tipos de solos necessitam de nutrientes para ter uma maior produtividade. No paraná, o latossolo é a principal classe de solo encontrada, sendo distribuído em 31% do território estadual. A Planície Litorânea e as áreas mais declivosas do estado apresentam a menor ocorrência dessa classe de solo (LIMA et al, 2012).

As características do latossolo, tais como boa profundidade, relevo quase plano, ausência de pedras, grande porosidade, boa drenagem e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural. Embora geralmente sejam de baixa fertilidade, as práticas de adubação e correção do solo, realizadas pelos produtores rurais, os tornam muito produtivos (LIMA et al, 2012).

Esta correção do solo pode ser realizada através da adição dos resíduos oriundos da produção pecuária, o que se torna muito eficaz para produtores rurais que trabalham com a integração lavoura-pecuária, pois podem reutilizar os coprodutos gerados da produção animal no cultivo de gros e pastagens de sua propriedade Konzen (2003).

Segundo Konzen (2003), os dejetos de suínos e a cama de aves podem constituir fertilizantes eficientes e seguros na produção de gros e de pastagem, desde que precedidos dos ativos ambientais que assegurem a proteção do meio ambiente, antes de sua reciclagem.

Para que se possam aproveitar os dejetos como fertilizante, cabe ao produtor realizar uma análise do solo para verificar sua capacidade de absorção, levando em conta as culturas ali produzidas, pois há uma diferença na absorção de nutrientes de acordo com a cultura. Tudo isso deve ser confrontado com a quantidade de dejetos produzidos para posteriormente definir o tipo de tratamento a

ser realizado e então realizar a análise do potencial de nutrientes contido nos desejos, para então fazer o balanceamento dos nutrientes (MEDRI, 1997).

### 3.2.1 Produção de Frango e Aproveitamento dos Resíduos como Insumos

A avicultura brasileira cresceu muito nos últimos anos, atingindo patamares de eficiência, que a transformaram em referência mundial, colocando o país como terceiro maior produtor mundial de carne de frango, com mais de 13 milhões de toneladas anuais de carne de frango (ABPA, 2020).

Deste total produzido, 68% são consumidos no mercado interno e 32% são exportados. Hoje, mais de 150 mercados são importadores da carne de frango *made in Brazil*. São mais de 4 milhões de toneladas embarcadas nos portos do país anualmente, um pouco mais de um terço de tudo o que se produz no país (ABPA, 2020). Ainda segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, o Paraná é o estado com maior produção de frango, produzindo 34,69% do total produzido no Brasil (ABPA, 2020).

À medida que a produção nacional de frangos aumenta, cresce também a preocupação quanto a grande quantidade de dejetos gerados pelos frangos, e a necessidade de se pensar nas possibilidades de manejo e de destino deste resíduo a fim de minimizar os impactos por eles causados AVIZON (2006).

No caso das aves, é considerado a quantidade de cama produzida, sendo que cama é todo o material distribuído sobre o piso do aviário para servir de leito às aves (PAGANINI, 2004), sendo uma mistura de excreta, penas das aves, ração e o material utilizado sobre o piso. Vários materiais são utilizados como cama: maravalha, casca de amendoim, casca de arroz, casca de café, capim seco, sabugo de milho picado, entre vários outros materiais (GRIMES, 2004).

Uma ave excreta de 20 a 30% de matéria seca em relação à sua ingestão de alimento, sendo que ingere de 4,5 a 5,0 kg de alimento durante o período de engorda (42 a 47 dias), ou seja, a produção de excretas oscilará em torno de 1 a 1,5 kg de matéria seca (MS) por ave (SANDMANN, 2013).

Além dos dejetos considera-se a adição de 0,5 a 0,6 kg de material de cama por ave e também se leva em conta outros fatores como desperdício de ração e água, duração do ciclo e queda de penas. Portanto, a produção total de cama pode chegar a 2 kg MS/ave, sendo que nos estudos realizados por Sandmann (2013) o valor de cama produzida foi de 1,54 kg por ave, o que resultou em aproximadamente 40 toneladas de dejetos por lote (SANDMANN, 2013).

A cama de aves pode ser reutilizada em mais de um lote, o que reduz a produção de cama e assim a sua disposição no meio ambiente. Segundo Palhares (2004), em experimentos realizados pela EMBRAPA/SC, recomenda que para o bom desempenho de frangos em aviários pode-se desenvolver até seis engordas por cama, sem que haja diferenças significativas no que se refere à mortalidade, ganho de peso, consumo de ração, eficiência alimentar e qualidade das carcaças.

Contudo é preciso observar a necessidade de alternativas para o uso da cama gerada, a fim de minimizar impactos ambientais. Segundo a AVIZON (2006), a cama de frangos de corte que recebeu os dejetos animais, pode constituir-se em um fertilizante orgânico de excelente qualidade para a produção de grãos, como milho e soja. Mas para sua utilização como fertilizante orgânico é necessário conhecer sua composição e o teor de nutrientes presentes na cama e a necessidade de nutrientes na terra para cada tipo de cultivo.

Segundo Fukayama (2008), vários fatores influenciam a composição químico-bromatológica da cama de frango, como a composição da ração, quantidade do material de cobertura do piso do galpão, estação do ano, densidade de alojamento das aves, tipo de substrato de cama, ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves.

Basicamente, há três passos principais para utilizar estes dejetos de forma ambiental e economicamente sólida (AUGUSTO, 2016):

- a) Conhecer o teor de nutrientes do esterco;
- b) Tratamento adequado, evitando perdas dos nutrientes e eliminação dos patógenos; e
- c) Aplicação na agricultura com base nas necessidades de nutrientes das culturas, ajustando a taxa de adubo suplementar para compensar os nutrientes já aplicados.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e os coeficientes de variação (CVs) referentes aos dados obtidos em laboratório, dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg e micronutrientes Cu e Zn e Matéria orgânica (MO), presentes nos resíduos da atividade avícola, em pesquisa feita por Sandmann (2013), no período de agosto/2012 a janeiro/2013.

**Tabela 1 – Teores médios de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e matéria orgânica (MO) de cama de frango e seus coeficientes de variação (CVs).**

| Nutriente | Teor (g/Kg.MS) | Coefficiente de Variação |
|-----------|----------------|--------------------------|
| N         | 52,1           | 0,12                     |
| P         | 34,7           | 0,01                     |
| K         | 10,0           | 0,09                     |
| Ca        | 8,29           | 0,04                     |
| Mg        | 3,42           | 0,04                     |
| Cu        | 0,0036         | 0,05                     |
| Zn        | 0,0049         | 0,16                     |
| MO        | 598,00         | 0,11                     |

**Fonte: SANDMANN, 2013**

A cama de frangos pode ser importante fonte de nutrientes quando utilizada como fertilizante orgânico no solo e contribui não apenas para superar os problemas de descarte desses resíduos, mas também na melhoria da qualidade física, química e biológica dos solos e promover incremento na produtividade da soja, algodão e pastagens (SANDMANN, 2013).

### 3.2.2 Produção de Suínos e Aproveitamento dos Efluentes Produzidos como Insumos Agrícolas

A carne de porco é uma das mais antigas formas de alimentação. No Brasil, a vocação como produtor de alimentos também é notável na suinocultura. Atualmente o Brasil se consolidou como o quarto maior produtor de carne suína do

mundo, com 3,98 milhões de toneladas produzidas anualmente. Deste total, 756,77 mil toneladas (19%) são exportadas para 90 países e o restante da produção (81%) é consumido pelo mercado interno (ABPA, 2020). O Paraná é o segundo estado que mais produz carne suína no Brasil, produzindo 21,78% do total produzido no país (ABPA, 2020).

O crescimento acelerado da criação de suínos ocasiona um problema ambiental devido à geração de grandes quantidades de dejetos com alto potencial poluente. Segundo Sandmann (2013), cada suíno gera, em média, 8 litros/dia de resíduo. Considerando uma pocilga com capacidade média para 2.350 suínos, no final de um dia, são gerados 18.800 litros de dejetos.

Para minimizar esse problema, segundo Miyazawa e Barbosa, uma das melhores formas de disposição final desses dejetos é a sua utilização como fertilizante orgânico. O dejetos líquido de suíno é constituído de fezes, urina, restos de ração e água de lavagem das instalações (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).

Nos dejetos são encontrados vários nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B). Segundo pesquisa realizada por Sandamann (2013), pode-se analisar na Tabela 2 as variações e similaridades existentes nos três tipos de tratamentos para excretas da suinocultura: saída da pocilga (SP), saída do biodigestor (SBIO) e saída da lagoa (SLA).

**Tabela 2 – Teores médios de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e matéria orgânica (MO) presentes nos dejetos de suínos.**

| Nutrientes | N     | P     | K     | Ca     | Mg     | Cu    | Zn      | MO    |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|---------|-------|
|            |       |       |       |        |        |       |         |       |
| SP         | 0,667 | 0,344 | 0,111 | 0,0561 | 0,0154 | 0,213 | 0,25830 | 35982 |
| SBIO       | 0,637 | 0,289 | 0,107 | 0,0538 | 0,0128 | 0,191 | 0,22917 | 17768 |
| SLA        | 0,627 | 0,287 | 0,101 | 0,0466 | 0,0935 | 0,098 | 0,19250 | 4962  |

**Fonte: SANDMANN, 2013**

Todos esses nutrientes são necessários para o desenvolvimento normal de plantas, o que qualifica os dejetos suínos para uso agrícola, possibilitando ao produtor rural grandes vantagens (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015).



### 3.2.3 Produção de Soja e Necessidade de Nutrientes

Segundo a Conab – Companhia Nacional de abastecimento, que realiza o acompanhamento constante da safra de grãos, monitorando as condições de desenvolvimento das principais culturas do país, na safra de 2019/20 a produção de soja foi de 124.844,5 mil toneladas de grãos, tendo uma produção média de 3.374 kg/ha. Ainda segundo a Conab a área plantada na safra 2019/20 foi de 36.949,8 mil hectares, representando um aumento de 3% em relação à safra anterior. A produção para a safra de 2020/21 é estimada em 133,8 milhões de toneladas, com uma produção de 3.497 kg/ha, um recorde na série histórica (CONAB, 2021).

Para que a cultura da soja tenha bons resultados, a terra onde será plantada deve ser fértil e ter a quantidade de nutrientes necessários para uma boa produção. As necessidades de adubações são definidas a partir da diferença entre o que as plantas precisam para atingir as produtividades desejadas e a quantidade de nutrientes que o solo pode fornecer (GITTI, ROSCOE, 2016).

A disponibilidade de nutrientes no solo a disposição das plantas é estimada a partir das análises de solo, levando-se em consideração as variáveis bióticas e abióticas que definem a eficiência de absorção de cada um dos nutrientes. A necessidade das culturas é definida a partir da extração e exportação de nutriente pela cultura para uma determinada expectativa de produtividade (GITTI, ROSCOE, 2016).

Os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pelas plantas são: Nitrogênio (N) Fósforo (P) e Potássio (K) e suas eficiências afetam diretamente a produtividade. Estudos indicam que o N atrapalha o desenvolvimento dos rizóbios e por este motivo, não se recomenda a aplicação de adubo nitrogenado 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 (MACUCULE; SANDMANN; HELLMANN, 2015).

Na Tabela 3, são apresentadas as quantidades de nutrientes extraídas e exportadas por cada tonelada de soja produzida (EMBRAPA, 2013).

**Tabela 3 - Quantidades médias absorvidas e exportações de nutrientes por tonelada de soja produzida**

| Parte da planta  | N                  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca  | Mg  | S   | B                  | Cl  | Cu | Fe  | Mn  | Mo | Zn |
|------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|-----|--------------------|-----|----|-----|-----|----|----|
|                  | Kg/1000 Kg ou g/Kg |                               |                  |     |     |     | g/1000 Kg ou mg/Kg |     |    |     |     |    |    |
| Grãos            | 51                 | 10                            | 20               | 3   | 2   | 5,4 | 20                 | 237 | 10 | 70  | 30  | 5  | 40 |
| Restos Culturais | 32                 | 5,4                           | 18               | 9,2 | 4,7 | 10  | 57                 | 278 | 16 | 390 | 100 | 2  | 21 |

Fonte: Embrapa, 2013

Observa-se, por meio destes dados, que a maior exigência da soja é de nitrogênio e de potássio, seguindo-se o enxofre, o cálcio, o fósforo e o magnésio; nos grãos, a ordem de remoção, em porcentagem, é bastante alterada; o fósforo é o mais translocado (65%), seguido do nitrogênio (61%), do potássio (53%), do enxofre (35%), do magnésio (30%) e do cálcio (25%). Em relação aos micronutrientes é importante observar as pequenas quantidades necessárias para a manutenção da cultura, porém não se deve deixar faltar, pois são essenciais e sem eles não há bom desenvolvimento e rendimento de grãos (SANDMANN, 2013).

Conhecer a extração/exportação de nutrientes pelas culturas pode subsidiar a tomada de decisão para adubação, como sendo um fator importante para a elaboração da recomendação.

### 3.2.4 Produção de Milho e Necessidade de Nutrientes

Segundo a Conab – Companhia Nacional de Abastecimento, na safra de 2019/20 cuja produção de milho das três safras totalizou 102.422,6 mil toneladas de grãos, tendo uma produção média de 5.514 kg/ha. Ainda segundo a Conab a área plantada na safra 2019/20 foi de 18.500,5 mil hectares (CONAB, 2021). A estimativa nacional de plantio do milho, considerando a primeira, segunda e terceira safras, na temporada 2020/21, deverá apresentar uma área de 19,092,4 mil hectares, e uma produção de média de 105,5 milhões de toneladas, com uma produção de 5.525 kg/ha (CONAB, 2021).

Assim como na cultura da soja e no plantio do milho, também se faz necessário realizar análise da terra, pois o cultivo de outra planta anteriormente

retira do solo algumas quantidades de nutrientes os quais devem ser repostos para que se possa ter uma boa produtividade (MACUCULE; SANDMANN; HELLMANN, 2015).

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 (MACUCULE; SANDMANN; HELLMANN, 2015).

Em relação ao fósforo, as quantidades 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 à 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 e, portanto, requer maior nível de fósforo em solução (COELHO et al; 2006).

De acordo com Coelho e França (1995) foram determinadas a quantidade de N, P, K, Ca e MG para a cultura do milho grão e silagem, a partir de análises do solo (Tabela 4).

**Tabela 4 – Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades**

| Tipo de exploração     | Produtividade (t/ha) | Nutrientes extraídos (kg/ha) |    |     |    |    |
|------------------------|----------------------|------------------------------|----|-----|----|----|
|                        |                      | N                            | P  | K   | Ca | Mg |
| Grãos                  | 3,65                 | 77                           | 9  | 83  | 10 | 10 |
|                        | 5,80                 | 100                          | 19 | 95  | 7  | 17 |
|                        | 7,87                 | 167                          | 33 | 113 | 27 | 25 |
|                        | 9,17                 | 187                          | 34 | 143 | 30 | 28 |
|                        | 10,15                | 217                          | 42 | 157 | 32 | 33 |
| Silagem (Matéria Seca) | 11,60                | 115                          | 15 | 69  | 35 | 26 |
|                        | 15,31                | 181                          | 21 | 213 | 41 | 28 |
|                        | 17,13                | 230                          | 23 | 271 | 52 | 31 |
|                        | 18,65                | 231                          | 26 | 259 | 58 | 32 |

Fonte: COELHO & FRANÇA (1995)

Analisando a Tabela 4, observa-se que ao se tratar da exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77 a 86 %), seguindo-se o nitrogênio (70 a 77 %), o enxofre (60 %), o magnésio (47 a 69 %), o potássio (26 a 43 %) e o cálcio (3 a 7 %). Neste contexto, implica que a incorporação dos restos culturais do milho devolve ao solo grande parte dos nutrientes, principalmente potássio e cálcio, contidos na palhada. Quando o milho é colhido para silagem, além dos grãos, a parte vegetativa também é removida havendo, conseqüentemente, alta extração e exportação de nutrientes (Tabela 4). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos (COELHO et al, 2006).

### 3.3 IMPACTO AMBIENTAL, LEGISLAÇÃO AMBIENTAL NA AGROPECUÁRIA

Com a intensificação dos sistemas de produção animal, em sua maioria de modo intensivo, a questão de qual deve ser o destino dos dejetos da atividade pecuária acabou tornando-se ponto central de discussões de praticamente toda a cadeia produtiva, tanto em âmbito nacional como internacional (RIBEIRO et al., 2007), haja vista que os dejetos dos animais podem se tornar um grande poluente ao meio ambiente.

Segundo Palhares (2008), algumas das principais formas de poluição em áreas com intensa produção animal são:

- a) Eutrofização de corpos d'água superficiais, morte de peixes e de outros organismos aquáticos.
- b) Contaminação das águas subterrâneas por nitratos e patógenos e conseqüente ameaça as fontes de abastecimento humano.
- c) Excesso de nutrientes e metais pesados nos solos, depreciando sua qualidade.
- d) Contaminação das águas e dos solos com patógenos.
- e) Liberação de amônia, metano e outros gases na atmosfera.

O destino dos rejeitos dos animais deve ser realizado de forma correta, levando-se em conta os preceitos da gestão ambiental, tornando-se necessário

adotar práticas para que o sistema de produção de animais seja sustentável ambientalmente. Para isso há uma série de leis, decretos e portarias que regem a proteção ambiental no Brasil, que relacionam o uso dos efluentes da produção animal como fonte de adubação e impõem limites para o lançamento destes em corpos de água (PEREIRA; DEMARCHI; BUDIÑO, 2009).

A avaliação de impacto ambiental é assunto já abordado na Constituição Federal de 1988, previsto no Art. 225, § 1º, Inciso IV, que determina a realização de estudo prévia de impacto ambiental para a instalação no país de obras ou atividades potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente (PALHARES, 2008).

Sobre os impactos ambientais e o destino dos dejetos oriundos da produção animal, destacam-se as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. As principais Resoluções são: a de nº 357 de 2005, complementada pela resolução 430 de 2011, que estabelece padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água, a de nº 375, de 2006, que regulamenta a aplicação do efluente animal no solo quando este se encontra na forma de lodo, e a Resolução nº 357, de março de 2005, que estabelece que o despejo de resíduos da produção animal não é permitido em rios de Classe I, destinados ao abastecimento doméstico. Em rios de Classe II e III, o despejo pode ser feito desde que tratado para obter os mesmos padrões qualitativos da água do rio, ou seja, permita a autodepuração (PALHARES, 2008).

Além da CONAMA tem-se a resolução SEDEST Nº 15 DE 05/03/2020 que estabelece critérios para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura Intensiva e a resolução SEDEST Nº 16 DE 05/03/2020 que estabelece critérios para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Avicultura com aproveitamento econômico.

Os dejetos, em especial da suinocultura, se dispostos no ambiente comprometem a qualidade das águas, tendendo a acumular-se em reservatórios e lagos naturais, alterando as condições limnológicas (SANDMANN, 2013), tornando-se praticamente inviável tratar ou minimizar esses efeitos nas águas de grandes reservatórios naturais, como os do Pantanal, ou artificiais, como o reservatório de Itaipu para geração hidrelétrica. A solução é localizar e identificar as fontes

geradoras com cargas orgânicas e nutrientes, e proporcionar condições aos seus responsáveis para que seja evitada a poluição provocada pela disposição, sem o devido tratamento, desses efluentes no ambiente natural (JÚNIOR, et al, 2009).

Soluções técnicas disponíveis para o tratamento sanitário dos dejetos existem, entretanto, torna-se necessário estabelecer possibilidades concretas de valorização dos produtos resultantes do tratamento sanitário, que são o biogás, os biofertilizantes. Como o primeiro é potencialmente conversível em energia elétrica, disponível para atender à demanda própria, ou vendida a terceiros – por meio da rede de distribuição de energia elétrica da concessionária local -, desse modo, é possível criar receitas adicionais para as atividades enfrentarem os investimentos e custos operacionais do tratamento sanitário proposto (JÚNIOR, et al, 2009).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico serão abordados sobre os elementos gerais da pesquisa, bem como, serão descritos os procedimentos utilizados para realização da mesma; como a descrição e interpretação da unidade de produção, e os materiais e os métodos utilizados para alcançar o objetivo pretendido.

### 4.1 ELEMENTOS GERAIS DA PESQUISA

Em relação ao tipo de pesquisa, quanto à abordagem, este trabalho é classificado como pesquisa exploratória quantitativa, pois utilizou-se de questionário com perguntas quantitativas para coleta dos dados, ou seja, traduzindo em números as opiniões e informações coletadas para classificá-las e analisá-las. Segundo Zanella (2013), a pesquisa quantitativa se caracteriza pelo uso de instrumentos estatísticos, tanto na coleta como no tratamento dos dados, que tem como finalidade medir relações entre as variáveis.

Quanto à natureza da pesquisa, este trabalho se classifica em pesquisa aplicada, pois busca o melhor resultado para a tomada de decisão do produtor rural por meio de um modelo matemático que será elaborado, e segundo Zanella (2013), a pesquisa aplicada tem como finalidade gerar soluções aos problemas humanos. E ainda segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais.

Quanto ao objetivo, esta pesquisa se classifica como exploratória. Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Ou seja, tem a finalidade de ampliar o conhecimento a respeito de um determinado fenômeno.

Quanto aos procedimentos técnicos, ainda segundo Gil (2008), esta pesquisa se classifica em um estudo de caso. O Estudo de caso é um estudo exaustivo de um ou poucos objetos de pesquisa, de maneira a permitir o aprofundamento do seu conhecimento. Os estudos de caso têm grande

profundidade e pequena amplitude, pois procuram conhecer a realidade de um indivíduo, de um grupo de pessoas, de uma ou mais organizações em profundidade (GIL, 2008). Desse modo evidencia-se a classificação dos procedimentos como estudo de caso, pois busca analisar uma unidade de produção agropecuária – UPA e elaborar um modelo matemático tomando como base esta UPA.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO

Para a realização deste trabalho, ancorado em pesquisas bibliográficas, foi selecionado uma propriedade piloto onde foi realizada a coleta de dados. A propriedade escolhida localiza-se no interior do município de Santa Helena que está situado na região oeste do Estado do Paraná, nas margens do Lago de Itaipu.

O município de Santa Helena possui uma extensão de 758,227 km<sup>2</sup>. Seu bioma é a Mata Atlântica com predominância de clima subtropical úmido mesotérmico, ou seja, com precipitação uniforme ao longo do ano, com tendência de concentração de chuvas, mas sem estação seca definida o que torna pouco frequente a ocorrência de geadas durante o inverno (IBGE, 2019).

Esta região é rodeada pela reserva legal da Itaipu e possui um elevado volume de água procedente dos rios Paraná, Iguaçu e do Aquífero Guarani que se espalha pelo subsolo de quatro países, e pelo reservatório da hidrelétrica de Itaipu, com mais de 170 km de extensão e 29 bilhões de metros cúbicos de água (SANDMANN, 2013), como se pode observar na Figura 1.



**Figura 1 – Foto aérea do município de Santa Helena**

**Fonte: Google Maps, 2020**

Estas características fazem com que esta região seja composta por um ambiente de preciosas riquezas naturais como solos fecundos, que são a base de um abastado complexo agropecuário e agroindustrial. Por estes motivos, determinou-se a escolha da realização desta pesquisa nesta unidade de produção agropecuária, pois além de solo fértil, que permite elevado número de produções agropecuárias, exige-se a adequação da unidade de produção à legislação ambiental vigente.

#### 4.2.1 Dados da UPA

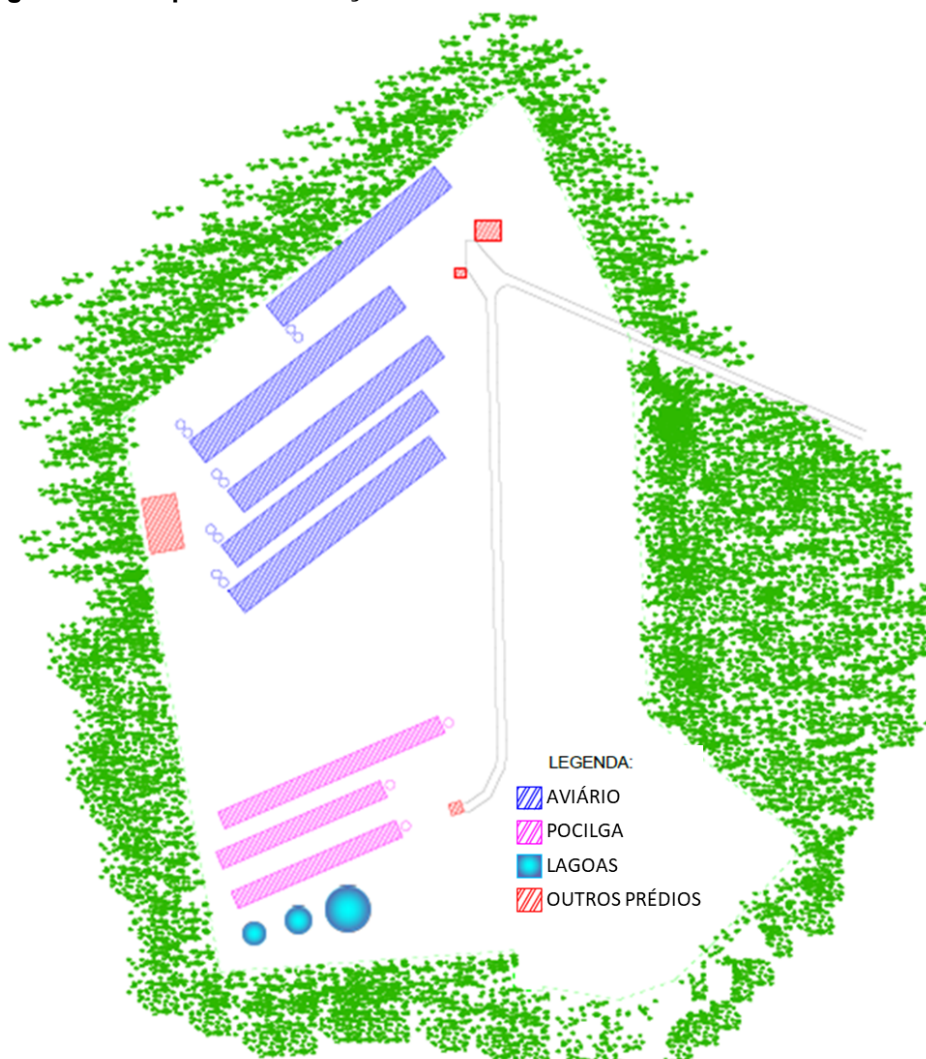
A Unidade de Produção Agropecuária escolhida é composta por 29,04 hectares sendo dispersos em várias áreas do município. Deste total, 19,36 ha são utilizados para agricultura, 6,05 ha para atividade agropecuária, 1,21 ha para moradia, com área de preservação de 2,42 hectares. Além da terra própria, o proprietário arrenda mais 7,99 ha, sendo que paga por este arrendamento, 250 sacos de soja por ano.

Na agricultura são cultivados soja e milho. Contando com a terra própria e a terra arrendada, é utilizado para o plantio destas culturas 27,35 hectares. Para a pecuária são utilizados 6,05 hectares para atividades de suinocultura e avicultura.

Na Figura 2 é possível observar o croqui das instalações e da área utilizada para as atividades de suinocultura e avicultura.

Na atividade suinícola, conta com três pocilgas de engorda com tamanhos diferentes e três lagoas facultativas, utilizadas para armazenagem e tratamento dos efluentes, com capacidade total para 165 mil litros de dejetos (Figura 2). Boa parte dos efluentes gerados é utilizada na própria propriedade para adubação das terras de plantio de soja e milho; o restante que sobra é doada.

Na atividade avícola, a propriedade possui cinco aviários para aves de corte (Figura 2). Em média são realizados 6 lotes por ano. Os dejetos das aves criam uma “cama” no chão do aviário, a qual é retirada em torno de 70% a cada 6 lotes. Boa parte da cama retirada é utilizada como adubo na própria lavoura. O restante é vendido.

**Figura 2 – Croqui das instalações das atividades de suinocultura e avicultura**

Fonte: autoria própria, 2020

#### 4.3 PROCEDIMENTOS GERAIS DA PESQUISA

A partir da revisão de literatura, analisaram-se os principais coeficientes zootécnicos e financeiros relacionados à produção de proteína animal (aves e suínos) e produção vegetal (soja e milho). Ensejando-se a utilização adequada dos rejeitos oriundos da cadeia produtiva, bem como a maximização do resultado econômico criou-se um modelo matemático.

Para isso, num primeiro momento, foram realizadas seis visitas e entrevistas ao agricultor da propriedade escolhida, juntamente com sua filha – agrônoma,

responsável pela UPA, para obter a interpretação da unidade de produção agropecuária e caracterização dos elementos relevantes à obtenção de resultados.

Após a coleta dos dados realizou-se a análise, e desenvolveu-se um modelo matemático para otimização de uma UPA caracterizada pela integração lavoura-pecuária. A técnica utilizada para modelar o problema foi a Programação Linear, que se insere na área do conhecimento denominada Pesquisa Operacional. Foi elaborado um modelo de otimização a fim de minimizar os impactos ambientais e maximizar a produção agropecuária de uma UPA.

#### 4.4 FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Para a construção do modelo de otimização é necessário seguir alguns procedimentos (MOREIRA, 2010). Em primeiro momento é necessário realizar a identificação das variáveis relevantes, para então formular a função objetiva e as restrições. Para isso foi realizado coleta dos dados por meio de questionários (APÊNDICE A) aplicados ao produtor rural e sua filha durante as entrevistas e visitas feitas na propriedade.

Para a interpretação dos dados foi utilizado o *Software Excel*, onde foram criadas tabelas para dispor os dados, facilitando o desenvolvimento da identificação das variáveis relevantes, da formulação da função objetiva e da formulação das restrições.

Foi realizada a organização das principais características desta unidade de produção, assim como a estrutura de custos dos principais sistemas de produção da UPA piloto. Para tanto, foram considerados os condicionantes técnicos e financeiros das atividades desenvolvidas como custos para a manutenção da cadeia produtiva de proteína animal; a exploração das culturas agrícolas, levando-se em consideração valores agregados a sementes, insumos, entre outros.

Para compor o modelo, foram levantadas a partir da literatura e dos dados coletados nas entrevistas um quadro representativo das relações e das restrições das atividades praticadas na UPA, disponível no Apêndice A. Esse visou mostrar também as principais ligações entre as categorias da cadeia produtiva da unidade piloto, como por exemplo, geração de resíduos, atividade desenvolvida e

necessidade de mão de obra. Com a criação do modelo base, foram compiladas sub-rotinas visando o alcance do sistema produtivo que mais se adapta a unidade agropecuária analisada.

Realizado tais procedimentos houve a necessidade de aplicar e resolver o modelo matemático. Para isso, foi necessário escolher algum método de solução, como pacotes computacionais ou ferramentas de programação. O modelo matemático de otimização desta pesquisa ocorreu pelo processamento com o uso do *software LINGO*.

Em seguida, avaliou-se o resultado e realizou-se uma verificação para conferir se o modelo era condizente com a proposta inicial. O objetivo dessa validação é garantir um nível de confiança aceitável. Para Sandmann e Barros (2013), a variação entre o modelo e o sistema real observado tem que ser inferior a 20%. Por fim, sugere-se a implementação da solução na prática, transformando os resultados do modelo em decisões.

Portando, o resultado do modelo foi avaliado e verificado se condizia com a realidade, podendo assim o agricultor implementar e programar em sua propriedade e verificar os resultados na prática.

#### 4.4.1 Software Lingo

O *LINGO*<sup>1</sup> 18.0, (*Lindo Systems Inc*, Chicago, EUA), é uma ferramenta abrangente projetada para tornar a construção e resolução de modelos lineares e não lineares de forma mais rápida e mais eficaz. A linguagem de modelagem do *LINGO* permite expressar modelos de maneira intuitiva e direta, usando somatórios e variáveis subscritas, como faria com lápis e papel (LINDO SYSTEMS INC., 2019).

O *LINGO* permite criar modelos que extraem informações diretamente de bancos de dados e planilhas. Da mesma forma, pode enviar informações da solução diretamente para um banco de dados ou planilha, facilitando a geração de relatórios no aplicativo escolhido (LINDO SYSTEMS INC., 2019).

---

<sup>1</sup> Este software pode ser baixado no site: <https://www.lindo.com/index.php/ls-downloads/try-lingo>

Segundo Sandmann e Barros (2010), o software *LINGO* pode ser uma excelente ferramenta para a otimização Matemática voltada ao agronegócio, pois, depois de compilar o modelo, o software mostra um relatório de solução, na qual se encontra o resultado ótimo da função-objetiva e o número de variáveis, junto a respostas apresentadas em três colunas. Na primeira consta os nomes das variáveis (“Variable”) e cujos valores se encontram na coluna central (“Value”). A última coluna é denominada “Reduced Cost” para cada variável do problema (Figura 3).

**Figura 3 – Primeira parte do relatório de solução do software LINGO**

```

File Edit LINGO Window Help
|-----|
|-----|
|
| Rows=      262 Vars=      292 No. integer vars=      39 ( all are linear)
| Nonzeros=   963 Constraint nonz=   960(   679 are +- 1) Density=0.013
| Smallest and largest elements in abs value=   0.243000E-03   23260.0
| No. < :    4 No. =: 245 No. > :   12, Obj=MAX, GUBs <= 144
| Single cols=   17
|
| ** WARNING ** Problem is poorly scaled. The units
| of the rows and variables should be changed so the
| coefficients cover a much smaller range.
|
| Optimal solution found at step:      346
| Objective value:                      1139824.
| Branch count:                          0
|
| Variable          Value          Reduced Cost
| REA                1139824.         0.0000000
| PSUINOA            28.00000         0.0000000
| PSUINOB            28.00000         0.0000000
| PSUINOC            28.00000         0.0000000
| PLUZPOCILGAA       2200.000         0.0000000
| PLUZPOCILGAB       2200.000         0.0000000
| PLUZPOCILGAC       4500.000         0.0000000
| LOTESUINO1A        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINO2A        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINO3A        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINOA         3.0000000         0.0000000
| SUINO1A            545.00000         0.0000000
| SUINO2A            545.00000         0.0000000
| SUINO3A            545.00000         0.0000000
| SUINOA             1635.000         0.0000000
| LOTESUINO1B        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINO2B        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINO3B        1.0000000         -12743.77
| LOTESUINOB         3.0000000         0.0000000
| SUINO1B            545.00000         0.0000000
| SUINO2B            545.00000         0.0000000
| SUINO3B            545.00000         0.0000000
| SUINOB             1635.000         0.0000000
|
|-----|
| For Help, press F1

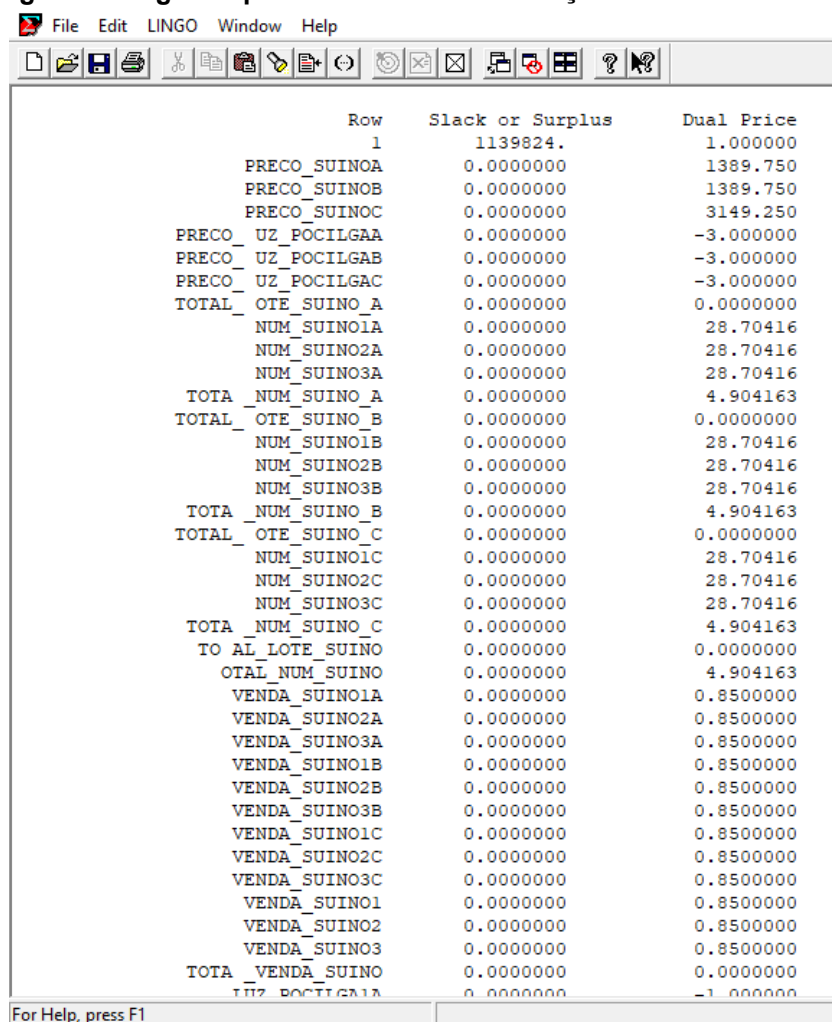
```

**Fonte: Software LINGO, 2021**

Na segunda parte do relatório, como mostra na Figura 4, na coluna à esquerda (“Row”), são apresentados nomes, desde que tenham sido atribuídos, ou seja, destacados entre colchetes ou número de linhas do programa. O “Slack” ou “Surplus”, na coluna central, indica o excesso ou folga em restrições. A coluna à direita, designada “Dual Price”, pode ser compreendida como a quantia pela qual a

função objetiva melhoraria/pioraria, quando o lado direito das restrições é aumentado ou diminuído em uma unidade (SANDMANN; BARROS, 2010).

**Figura 4 - Segunda parte do relatório de solução do software LINGO**



| Row               | Slack or Surplus | Dual Price |
|-------------------|------------------|------------|
| 1                 | 1139824.         | 1.000000   |
| PRECO_SUINO A     | 0.000000         | 1389.750   |
| PRECO_SUINO B     | 0.000000         | 1389.750   |
| PRECO_SUINO C     | 0.000000         | 3149.250   |
| PRECO_UZ_POCILGAA | 0.000000         | -3.000000  |
| PRECO_UZ_POCILGAB | 0.000000         | -3.000000  |
| PRECO_UZ_POCILGAC | 0.000000         | -3.000000  |
| TOTAL_OTE_SUINO_A | 0.000000         | 0.000000   |
| NUM_SUINO1A       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO2A       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO3A       | 0.000000         | 28.70416   |
| TOTA_NUM_SUINO_A  | 0.000000         | 4.904163   |
| TOTAL_OTE_SUINO_B | 0.000000         | 0.000000   |
| NUM_SUINO1B       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO2B       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO3B       | 0.000000         | 28.70416   |
| TOTA_NUM_SUINO_B  | 0.000000         | 4.904163   |
| TOTAL_OTE_SUINO_C | 0.000000         | 0.000000   |
| NUM_SUINO1C       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO2C       | 0.000000         | 28.70416   |
| NUM_SUINO3C       | 0.000000         | 28.70416   |
| TOTA_NUM_SUINO_C  | 0.000000         | 4.904163   |
| TOTAL_LOTE_SUINO  | 0.000000         | 0.000000   |
| OTAL_NUM_SUINO    | 0.000000         | 4.904163   |
| VENDA_SUINO1A     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO2A     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO3A     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO1B     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO2B     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO3B     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO1C     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO2C     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO3C     | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO1      | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO2      | 0.000000         | 0.850000   |
| VENDA_SUINO3      | 0.000000         | 0.850000   |
| TOTA_VENDA_SUINO  | 0.000000         | 0.000000   |
| UZ_POCILGAA       | 0.000000         | -1.000000  |

For Help, press F1

Fonte: Software LINGO, 2021

#### 4.5 DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo matemático foi desenvolvido pela plataforma LINGO 4.0, sendo constituído por um conjunto de equações cuja finalidade é descrever o sistema produtivo de uma unidade de produção agropecuária que possui atividade de suinocultura, avicultura e produção de grãos.

As equações foram estruturadas na forma de um modelo de programação matemática, a qual utiliza a técnica da programação linear e se divide em três partes: função objetiva, conjunto de restrições e um conjunto de condições de não negatividade para as  $n$  variáveis de escolha (MACUCULE, SANDMANN e HELLMANN; 2015). O modelo pode ser visualizado na íntegra no Apêndice B.

A otimização deste modelo sujeita-se a restrições, isto é, os valores das variáveis de decisão, maximizadores da função objetiva estabelecida, são induzidos a satisfazer certas restrições técnicas e comportamentais; e as restrições de não negatividade são impostas pelo fato de que valores negativos não teriam significado físico algum (SANDMANN, 2009).

#### 4.5.1 Função Objetiva

Analisou-se para a obtenção de resultados a função objetiva que visa maximizar o resultado econômico mensal e anual.

Considerou-se, para a elaboração das funções objetivas,

- a) Valor de venda e ganho por suínos e aves (VENDASAUINO e VENDAAVE);
- b) Custos gerados para a produção dos suínos e aves. Todos estes custos foram tomados por lotes (LUZPOCILGA, MAODEOBRASUINO, MANUTSUINO, LUZAVIARIO, MAODEBRAAVE, MANUTAVE, AQUECIMENTOAVE);
- c) Valor agregado bruto por hectare para o plantio da cultura da soja e do milho grão.

Ressalta-se que todos estes elementos têm valores do ano de 2020, considerados pelo próprio agricultor. Na função objetiva assume-se que o agricultor busca maximizar o resultado econômico anual (Equação 1) e mensal (Equação 2).

|  |    |
|--|----|
| <i>Função Objetiva 1</i> → $MAX = REA$ ..... | 01 |
| <i>Função Objetiva 2</i> → $MAX = REM$ ..... | 02 |



A Função Objetiva 1 maximiza a renda anual (REA) que relaciona a matriz do resultado econômico anual com as demais restrições do sistema (Equação 1). Esta função objetiva visa otimizar o resultado econômico anual, permitindo que o modelo apresente meses de negatividade de renda. A Equação 03 representa a Função Objetiva 1.

$$\begin{aligned}
 [\text{RENDIMENTO\_ANUAL}] & (\text{VENDA AVE1} - \text{LUZAVIARIO1} - \text{MAODEOBRA AVE1} - \\
 & \text{MANUTAVE1} - \text{AQUECIMENTO AVE1}) + (\text{VENDA AVE2} - \text{LUZAVIARIO2} - \\
 & \text{MAODEOBRA AVE2} - \text{MANUTAVE2} - \text{AQUECIMENTO AVE2}) + (\text{VENDA AVE3} - \\
 & \text{LUZAVIARIO3} - \text{MAODEOBRA AVE3} - \text{MANUTAVE3} - \text{AQUECIMENTO AVE3}) + \\
 & (\text{VENDA AVE4} - \text{LUZAVIARIO4} - \text{MAODEOBRA AVE4} - \text{MANUTAVE4} - \\
 & \text{AQUECIMENTO AVE4}) + (\text{VENDA AVE5} - \text{LUZAVIARIO5} - \text{MAODEOBRA AVE5} - \\
 & \text{MANUTAVE5} - \text{AQUECIMENTO AVE5}) + (\text{VENDA AVE6} - \text{LUZAVIARIO6} - \\
 & \text{MAODEOBRA AVE6} - \text{MANUTAVE6} - \text{AQUECIMENTO AVE6}) + \text{VENDA DE JAVE} + \\
 & (\text{VENDA SUINO1} - \text{LUZPOCILGA1} - \text{MANUTSUINO1} - \text{MAODEOBRA SUINO1}) + \\
 & (\text{VENDA SUINO2} - \text{LUZPOCILGA2} - \text{MANUTSUINO2} - \text{MAODEOBRA SUINO2}) \\
 & + (\text{VENDA SUINO3} - \text{LUZPOCILGA3} - \text{MANUTSUINO3} - \text{MAODEOBRA SUINO3}) + \\
 & \text{GANHOSOJA} - \text{CUSTOSOJAS} - \text{CUSTOSOJAP} - \text{CUSTOSOJAV} - \text{CUSTOSOJAC} - \\
 & \text{CUSTOPLANTIO TERRA} + \text{GANHOMILHO1} - \text{CUSTOMILHO1S} - \text{CUSTOMILHO1P} - \\
 & \text{CUSTOMILHO1V} - \text{CUSTOMILHO1C} + \text{GANHOMILHO2} - \text{CUSTOMILHO2S} - \\
 & \text{CUSTOMILHO2P} - \text{CUSTOMILHO2V} - \text{CUSTOMILHO2C} = \text{REA}; \dots\dots\dots 03
 \end{aligned}$$

A Função Objetiva 2 maximiza o rendimento mensal (REM) em que relaciona a matriz do resultado econômico mensal mínimo com as demais restrições do sistema, ou seja, visa a estabilidade de renda mensal para a UPA, levando-se em consideração o resultado econômico com referência ao mês de menor rentabilidade.

A Equação 04 representa a função objetiva 2 para o mês de janeiro; A Equação 15 representa a função objetiva 2 para o mês de dezembro; os demais meses têm suas inequações definidas de acordo com as atividades desenvolvidas nesses períodos, que estão disponíveis no Apêndice B:

[RREJAN] VENDAAVE1 - LUZAVIARIO1 - MAODEOBRAAVE1 - MANUTAVE1 -  
 AQUECIMENTOAVE1 + GANHOSOJA - (CUSTOSOJAV/5) - CUSTOSOJAC -  
 CUSTOPLANTIOTERRA = REM1;..... 04

...

[RREDEZ] VENDASUINO3 - LUZPOCILGA3 - MANUTSUINO3 -MAODEOBRASUINO3 -  
 (CUSTOSOJAV/5) - (CUSTOMILHO1V/3) =  
 REM12;..... 15

A função objetiva 1 apresenta também, o balanço econômico relativo a cada mês do ano, que é utilizado para encontrar a renda suportável pelo agricultor no pior mês relativo à produtividade do sistema. A Inequação 1 representa as funções objetiva 1 e 2 para o mês de janeiro; a Inequação 12 representa as funções objetivas 1 e 2 para o mês de dezembro; os demais meses têm suas inequações definidas de acordo com as atividades desenvolvidas nesses períodos, que estão disponíveis no Apêndice B.

[REJAN] VENDAAVE1 - LUZAVIARIO1 - MAODEOBRAAVE1 - MANUTAVE1 -  
 AQUECIMENTOAVE1 + GANHOSOJA -(CUSTOSOJAV/5) - CUSTOSOJAC -  
 CUSTOPLANTIOTERRA >= REM; ..... 01

...

[REDEZ] VENDASUINO3 - LUZPOCILGA3 - MANUTSUINO3 - MAODEOBRASUINO3 -  
 (CUSTOSOJAV/5) - (CUSTOMILHO1V/3) >= REM; ..... 12

As inequações descritas remetem ao resultado econômico mensal, permitindo que o modelo indique medidas a serem tomadas no sistema produtivo tais como: redistribuição da SAU (Superfície de Área Útil), redimensionamento de suíno e aves; os quais ensejam a otimização da renda na UPA, tendo como referência o mês de menor rendimento.

#### 4.5.2 Dados de Entrada e Restrições

Partindo da descrição da função objetiva, foram elaboradas as restrições que se basearam na produção de suínos e aves, bem como a distribuição dos dejetos produzidos por essas culturas; distribuição da superfície de área útil; produção de proteína vegetal para venda e suas restrições e necessidades em relação aos nutrientes para a otimização da produção.

##### a) Produção de Suínos

Na produção de suínos foram considerados os principais dados necessários para a obtenção do lucro desta atividade, ou seja, dados sobre o ganho por suínos e das despesas geradas por lote.

A propriedade piloto possui três pocilgas, as quais foram denominadas, neste modelo, como pocilga A, B e C. Assim, também, foram separados em cada pocilga em lote 1, lote 2 e lote 3, representando os três lotes possíveis durante um ano.

Os dados de entrada são o preço recebido por suínos representados nas Equações 16, 17 e 18 e o preço do consumo de energia elétrica de cada pocilga (Equações 19, 20 e 21), sendo que esses valores são dados em reais.

|  |    |
|--|----|
| [PRECO_SUINO A] PSUINO A = 28;.....                | 16 |
| [PRECO_SUINO B] PSUINO B = 28; .....               | 17 |
| [PRECO_SUINO C] PSUINO C = 28; .....               | 18 |
| [PRECO_LUZ_POCILGA A] PLUZPOCILGA A = 550*4; ..... | 19 |
| [PRECO_LUZ_POCILGA B] PLUZPOCILGA B = 550*4; ..... | 20 |
| [PRECO_LUZ_POCILGA C] PLUZPOCILGA C = 1125*4.....  | 21 |

O valor adotado pela cooperativa aplicado por suíno é o mesmo para as três pocilgas, já o preço por kWh de energia elétrica, que é o valor em reais, pago para o gasto de energia elétrica em cada pocilga em um mês, multiplicada por quatro, pois

um lote tem duração de quatro meses, sendo que a pocilga C é maior que as outras duas, por isso o preço pago pela energia elétrica é maior.

As equações que seguem (Equações 22 a 26) foram utilizadas para calcular o número de lotes e o número total de suínos de cada pocilga. Essas equações referem-se à pocilga A. Para as pocilgas B e C, seguiu-se da mesma maneira.

$$[\text{TOTAL\_LOTE\_SUINO\_A}] \text{ LOTESUINO A} = \text{ LOTESUINO1A} + \text{ LOTESUINO2A} + \text{ LOTESUINO3A}; \dots\dots\dots 22$$

$$[\text{NUM\_SUINO1A}] \text{ SUINO1A} = 545 * \text{ LOTESUINO1A}; \dots\dots\dots 23$$

$$[\text{NUM\_SUINO2A}] \text{ SUINO2A} = 545 * \text{ LOTESUINO2A}; \dots\dots\dots 24$$

$$[\text{NUM\_SUINO3A}] \text{ SUINO3A} = 545 * \text{ LOTESUINO3A}; \dots\dots\dots 25$$

$$[\text{TOTAL\_NUM\_SUINO\_A}] \text{ SUINO A} = \text{ SUINO1A} + \text{ SUINO2A} + \text{ SUINO3A}; \dots\dots\dots 26$$

O número de lotes de cada pocilga, que podem ser feitos no máximo três por ano, não foram fixados, deixando para que o sistema escolha quantos lotes possam ser feitos, levando em consideração a quantidade de dejetos produzidos, e a distribuição destes na lavoura. Para isso, utilizou-se o comando @BIN, que retorna para a variável o valor 0 ou 1, ou seja, cada lote de uma pocilga pode acontecer (1) ou não acontecer (0). Com a Equação 22 é possível determinar o total de lotes de uma pocilga.

O número de suínos de cada pocilga foi calculado para cada lote como mostra as equações 23, 24 e 25. Este número foi fixado, sendo que na pocilga A e B comportam 545 suínos e na pocilga C 1235 suínos por lote. Esses valores levaram em consideração a estrutura da pocilga e os dados coletados com o proprietário. A Equação 26 calcula o total de suínos de uma pocilga durante um ano, dependendo do número de lotes.

As equações 37 e 38 foram utilizadas para o cálculo do número de lotes e número de suínos total anual:

$$[\text{TOTAL\_LOTE\_SUINO}] \text{ LOTESUINO} = \text{ LOTESUINO A} + \text{ LOTESUINO B} + \text{ LOTESUINO C}; \dots\dots\dots 37$$

$$[\text{TOTAL\_NUM\_SUINO}] \text{ SUINO} = \text{ SUINO A} + \text{ SUINO B} + \text{ SUINO C}; \dots\dots\dots 38$$

Com o número de lotes e de suínos de cada pocilga, foi possível calcular o lucro, ganho e gastos gerados em cada pocilga. O ganho gerado pela venda dos suínos foi calculado multiplicando o preço por suínos pelo número de suínos de cada pocilga por lote.

$$[\text{VENDA\_SUINO1A}] \text{VENDASUINO1A} = \text{PSUINOA} * \text{SUINO1A}; \dots\dots\dots 39$$

$$[\text{VENDA\_SUINO2A}] \text{VENDASUINO2A} = \text{PSUINOA} * \text{SUINO2A}; \dots\dots\dots 40$$

$$[\text{VENDA\_SUINO3A}] \text{VENDASUINO3A} = \text{PSUINOA} * \text{SUINO3A}; \dots\dots\dots 41$$

...

$$[\text{VENDA\_SUINO1}] \text{VENDASUINO1} = \text{VENDASUINO1A} + \text{VENDASUINO1B} + \text{VENDASUINO1C}; \dots\dots\dots 48$$

...

$$[\text{TOTAL\_VENDA\_SUINO}] \text{VENDASUINO} = \text{VENDASUINO1} + \text{VENDASUINO2} + \text{VENDASUINO3}; \dots\dots\dots 51$$

Nas equações 39, 40 e 41, foi calculado o ganho de cada lote da pocilga A. Para as demais pocilgas, seguiu-se o mesmo raciocínio, sendo que as equações estão disponíveis no Apêndice B. A Equação 48 representa o ganho total dos primeiros lotes de todas as pocilgas e seguindo este raciocínio, foi feito também para o segundo e terceiro lote de todas as pocilgas (Apêndice B). Estas equações foram utilizadas para o cálculo da REA (eq. 01) e da REM (eq. 02), para assim, diminuir o número de variáveis. Com a Equação 51 foi possível determinar o ganho total de todas as pocilgas, ou seja, o ganho anual com a produção de suínos.

Os gastos com a atividade suinícola são: energia elétrica, mão de obra e manutenção. Para o cálculo do consumo de energia, foi multiplicado o preço pago pela energia, já definido no começo, por lote de cada pocilga. As equações 52, 53 mostram os cálculos para os lotes 1 e 2 da pocilga A, e da mesma maneira foi calculado para todos os lotes das outras pocilgas como mostra a Equação 60. As demais equações estão disponíveis no Apêndice B.

|   |    |
|---|----|
| [LUZ_POCILGA1A] LUZPOCILGA1A = PLUZPOCILGAA*LOTESUINO1A; .....                              | 52 |
| [LUZ_POCILGA2A] LUZPOCILGA2A = PLUZPOCILGAA*LOTESUINO2A; .....                              | 53 |
| ...   |    |
| [LUZ_POCILGA3C] LUZPOCILGA3C =PLUZPOCILGAC*LOTESUINO3C; .....                               | 60 |
| [LUZ_POCILGA1] LUZPOCILGA1 = LUZPOCILGA1A + LUZPOCILGA1B +<br>LUZPOCILGA1C; .....           | 61 |
| ...   |    |
| [TOTAL_LUZ_POCILGA] LUZPOCILGATOTAL = (LUZPOCILGA1 + LUZPOCILGA2 +<br>LUZPOCILGA3)*4; ..... | 64 |

A Equação 61 é utilizada para o cálculo da luz gasta pelos primeiros lotes de todas as pocilgas, e seguindo este raciocínio, foi feita as equações para os demais lotes, que estão disponíveis no Apêndice B. Estas equações, assim como no ganho, foram utilizadas para o cálculo da REA (eq. 01) e da REM (eq. 02), para assim, diminuir o número de variáveis. A Equação 64 permite ter o resultado dos gastos com luz de todos os lotes e de todas as pocilgas por ano.

A mão de obra é o valor pago para o funcionário que trabalha nas pocilgas. Ele recebe 15% do valor de venda de cada lote (Equações 65, 66 e 67), é dado o valor gasto com mão de obra de cada lote referente as três pocilgas.

|   |    |
|---|----|
| [MAODEOBRA_SUINO1] MAODEOBRASUINO1 = 0,15*VENDASUINO1; .....  | 65 |
| [MAODEOBRA_SUINO2] MAODEOBRASUINO2 = 0,15*VENDASUINO2; .....  | 66 |
| [MAODEOBRA_SUINO3] MAODEOBRASUINO3 = 0,15*VENDASUINO3; .....  | 67 |
| [TOTAL_MAODEOBRA_SUINO] MAODEOBRASUINOTOTAL = MAODEOBRASUINO1 +<br>MAODEOBRASUINO2 + MAODEOBRASUINO3; ..... | 68 |

Com a Equação 68 é possível calcular o gasto anual com mão de obra da atividade suinícola.

Os gastos com manutenção foram fixados por lote, sendo que cada pocilga, segundo dados coletados com o proprietário, tem valores diferentes, ou seja, a

pocilga C, mesmo sendo maior, tem menor manutenção, por ter uma estrutura mais nova, apresentando assim, menos manutenção no momento. As Equações 69 e 70 representam a manutenção dos lotes 1 e 2 da pocilga A e assim, sucessivamente, foi feita uma Equação para cada lote de cada pocilga, como mostra a Equação 77 (lote 3 pocilga C), sendo que essas equações estão disponíveis no Apêndice B.

[MANUTENCAO\_SUINO1A]  $MANUTSUINO1A = 700 * LOTESUINO1A$ ; ..... 69

[MANUTENCAO\_SUINO2A]  $MANUTSUINO2A = 700 * LOTESUINO2A$ ; ..... 70

...

[MANUTENCAO\_SUINO3C]  $MANUTSUINO3C = 600 * LOTESUINO3C$ ; ..... 77

A Equação 78 representa o cálculo da manutenção do primeiro lote das três pocilgas. Assim foi feito também para o segundo e terceiro lote das três pocilgas (Apêndice B). Estas equações foram utilizadas para facilitar no cálculo do rendimento anual e mensal. A Equação 81, apenas foi utilizada para ter uma visualização do quanto é gasto com manutenção das três pocilgas durante o ano.

[MANUTENCAO\_SUINO1]  $MANUTSUINO1 = MANUTSUINO1A + MANUTSUINO1B + MANUTSUINO1C$ ; ..... 78

...

[TOTAL\_MANUTENCAO\_SUINO]  $MANUTSUINOTOTAL = MANUTSUINO1 + MANUTSUINO2 + MANUTSUINO3$ ; ..... 81

A Equação 82 foi utilizada para calcular o valor total de todas as despesas geradas pelas pocilgas durante um ano.

[CUSTO\_TOTAL\_SUINO\_ANUAL]  $CUSTOSUINO = LUZPOCILGATOTAL + MAODEOBRASUINOTOTAL + MANUTSUINOTOTAL$ ; ..... 82

Para o cálculo da quantidade de dejetos produzidos pelos suínos foi utilizada a Equação 83. Segundo dados coletados com o proprietário da UPA analisada, e comparando-se a literatura, obteve-se que cada suíno gera por lote um total de 800

litros de dejetos, sendo que nesta quantidade estão adicionadas as perdas de água, alimentos e água utilizada para lavar as pocilgas. Portanto, da Equação 83 resulta a quantidade de dejetos produzidos por todos os suínos das três pocilgas durante o ano.

$$[\text{QUANT\_DEJ\_SUINO}] \text{DEJSUINO} = 800 * \text{SUINO}; \dots\dots\dots 83$$

$$[\text{N\_LAGOA\_SUINO}] \text{QNSUINO} = \text{NSLA} * \text{DEJSUINO}; \dots\dots\dots 84$$

$$[\text{P\_LAGOA\_SUINO}] \text{QPSUINO} = \text{PSLA} * \text{DEJSUINO}; \dots\dots\dots 85$$

As Equações 84 e 85 trazem a quantidade total em quilograma de nitrogênio e fósforo por litro presentes nos dejetos totais dos suínos, sendo que o valor de nitrogênio (NSLA) e fósforo (PSLA) foi coletado da literatura (Equação 86 e 87).

$$[\text{N\_SLA\_SUINO}] \text{NSLA} = 0,00065; \dots\dots\dots 86$$

$$[\text{P\_SLA\_SUINO}] \text{PSLA} = 0,000243; \dots\dots\dots 87$$

#### b) Produção de Aves

Na produção de aves foram considerados todos os dados necessários para a obtenção do lucro desta atividade, ou seja, dados sobre o ganho na venda das aves e das despesas geradas por lote.

A propriedade piloto possui cinco aviários, os quais foram denominados, neste modelo, como aviário A, B, C, D e E. Assim, também, foram separados em cada aviário em lotes 1, 2, 3, 4, 5 e 6 representando os seis lotes possíveis durante um ano.

Os dados de entrada são o preço recebido por ave e o preço por kWh gasto com energia elétrica em cada aviário, sendo que esses valores são dados em reais. Para os aviários A, B e C, o preço ganho por ave, é diferente do preço ganho pelos aviários D e E. Isso porque os aviários D e E são mais novos com mais tecnologias, então o preço por ave torna-se maior. A Equação 88 representa o preço por ave do aviário A, sendo igual para o B e C, e a Equação 92 representa o preço por ave do aviário E, sendo igual para o D.



|                              |    |
|------------------------------|----|
| [P_AVEA] PAVEA = 0,98; ..... | 88 |
| ...                          |    |
| [P_AVEE] PAVEE = 1,06; ..... | 92 |

O preço em reais por kW/h de energia elétrica é igual para todos os aviários e foi calculado multiplicando o valor gasto com energia elétrica mensalmente por dois, pois um lote, contando com o vazio sanitário, dura dois meses, assim o preço da luz foi dado por lote. A Equação 93 representa o preço por kWh de energia elétrica gasta por lote do aviário A e assim sucessivamente foi feito para os demais aviários como mostra a Equação 97, que representa o preço por kWh de energia elétrica gasta por lote do aviário E.

|   |    |
|---|----|
| [P_LUZ_AVEA] PLUZAVIARIOA = 1665*2; ..... | 93 |
| ...                                       |    |
| [P_LUZ_AVEE] PLUZAVIARIOE = 1665*2; ..... | 97 |

As equações que seguem foram utilizadas para calcular o número de lotes e o número de aves de cada aviário. Essas equações referem-se ao aviário A. Para os aviários B, C, D e E seguiu-se da mesma maneira.

O número de lotes de cada aviário, que podem ser feitos no máximo seis por ano, não foram fixados, deixando para que o sistema escolha quantos lotes possam ser feitos, levando em consideração a quantidade de dejetos produzidos, e a venda e distribuição destes na lavoura. Para isso, utilizou-se o comando @BIN, que retorna para a variável o valor 0 ou 1, ou seja, cada lote de um aviário pode acontecer (1) ou não acontecer (0). Com a Equação 98 foi possível determinar o total de lotes de um aviário, sendo que nesta equação representa o aviário A. Para os demais aviários seguiu o mesmo raciocínio.

|   |    |
|---|----|
| [TOTAL_LOTE_AVE_A] LOTEAVEA = LOTEAVE1A + LOTEAVE2A + LOTEAVE3A +<br>LOTEAVE4A + LOTEAVE5A + LOTEAVE6A; ..... | 98 |
|---|----|

O número de aves de cada aviário foi calculado para cada lote como mostram as equações 99 e 104, onde a primeira mostra o cálculo para o número de aves para o lote 1 do aviário A e a segunda para o lote 6 do aviário A (as equações estão disponíveis no Apêndice B). Para os demais aviários seguiu-se a mesma ideia. Este número foi fixado, levando em consideração a estrutura do aviário e os dados coletados com o proprietário, sendo que os aviários A, B e C comportam em média 18466 aves cada, e os aviários D e E, comportam em média 23260 aves cada. Este número de aves por aviário foi fixado já descontando as aves que morrem durante a duração do lote. A Equação 105 calcula o total de aves de um aviário durante um ano, dependendo do número de lotes.

|  |     |
|--|-----|
| [NUM_AVE1A] AVE1A = 18466*LOTEAVE1A; .....                                       | 99  |
| ...  |     |
| [NUM_AVE6A] AVE6A = 18466*LOTEAVE6A; .....                                       | 104 |
| [TOTAL_NUM_AVE_A] AVEA = AVE1A + AVE2A + AVE3A + AVE4A + AVE5A + AVE6A;<br>..... | 105 |

Com as equações 138 e 139, foi possível calcular o número total de lotes e aves, respectivamente, durante um ano.

|  |     |
|--|-----|
| [TOTAL_LOTE_AVE] LOTEAVE = LOTEAVEA + LOTEAVEB + LOTEAVEC + LOTEAVED + LOTEAVEE; ..... | 138 |
| [TOTAL_NUN_AVE] AVE = AVEA + AVEB + AVEC + AVED + AVEE; .....                          | 139 |

Com o número de lotes e de aves de cada aviário, foi possível calcular o ganho e os gastos gerados em cada aviário. O ganho gerado pela venda das aves foi calculado multiplicando o preço por ave pelo número de aves de cada aviário por lote.

|   |     |
|---|-----|
| [VENDA_AVE1A] VENDAAVE1A = PAVEA*AVE1A; ..... | 140 |
| ...   |     |
| [VENDA_AVE6A] VENDAAVE6A = PAVEA*AVE6A; ..... | 145 |

$$[VENDA\_AVE1] \text{ VENDAAVE1} = \text{VENDAAVE1A} + \text{VENDAAVE1B} + \text{VENDAAVE1C} + \text{VENDAAVE1D} + \text{VENDAAVE1E}; \dots\dots\dots 170$$

...

$$[TOTAL\_VENDA\_AVE] \text{ VENDAAVE} = \text{VENDAAVE1} + \text{VENDAAVE2} + \text{VENDAAVE3} + \text{VENDAAVE4} + \text{VENDAAVE5} + \text{VENDAAVE6}; \dots\dots\dots 175$$

As equações 140 e 145 representam o cálculo para o ganho de cada lote do aviário A. Para os demais aviários, seguiu-se o mesmo raciocínio (Apêndice B). A Equação 170 representa o ganho total dos primeiros lotes de todos os aviários e seguindo este raciocínio, foi feito também para o segundo e terceiro lote de todos os aviários (Apêndice B). Estas equações foram utilizadas para o cálculo da REA (eq. 01) e da REM (eq. 02), para assim, diminuir o número de variáveis. Com a Equação 175 foi possível determinar o ganho total de todos os aviários, ou seja, o ganho anual com a produção de aves.

Os gastos com a atividade avícola de corte são: energia elétrica, mão de obra, manutenção e aquecimento. Para o cálculo do consumo da energia, foi multiplicado o preço da energia elétrica, já definido, por cada lote de cada aviário. As equações 176, 177 mostram os cálculos para os lotes 1 e 2 do aviário A, e da mesma maneira é calculado para todos os lotes dos outros aviários como mostra a Equação 205 (essas equações estão disponíveis no Apêndice B).

$$[LUZ\_AVIARIO1A] \text{ LUZAVIARIO1A} = \text{PLUZAVIARIOA} * \text{LOTEAVE1A}; \dots\dots\dots 176$$

$$[LUZ\_AVIARIO2A] \text{ LUZAVIARIO2A} = \text{PLUZAVIARIOA} * \text{LOTEAVE2A}; \dots\dots\dots 177$$

...

$$[LUZ\_AVIARIO6E] \text{ LUZAVIARIO6E} = \text{PLUZAVIARIOE} * \text{LOTEAVE6E}; \dots\dots\dots 205$$

A Equação 206 é utilizada para o cálculo da energia gasta pelos primeiros lotes de todos os aviários, e seguindo este raciocínio, foi feita as equações para os demais lotes (equações disponíveis no Apêndice B). Estas equações, assim como no ganho, foram utilizadas para o cálculo da REA (eq. 01) e da REM (eq. 02), para

assim, diminuir o número de variáveis. A Equação 212 permite ter o resultado dos gastos com energia de todos os lotes e de todos os aviários por ano.

[LUZ\_AVIARIO1] LUZAVIARIO1 = LUZAVIARIO1A + LUZAVIARIO1B + LUZAVIARIO1C + LUZAVIARIO1D + LUZAVIARIO1E; ..... 206

...

[TOTAL\_LUZ\_AVIARIO] LUZAVIARIOTOTAL = (LUZAVIARIO1 + LUZAVIARIO2 + LUZAVIARIO3 + LUZAVIARIO4 + LUZAVIARIO5 + LUZAVIARIO6)\*2; ..... 212

A mão de obra é o valor pago para os funcionários que trabalham nos aviários. Para os aviários A, B e C é pago 17% do valor de venda, e os aviário D e E é pago 18% do valor de venda de cada lote de cada aviário, ou seja, através da Equação 213, é dado o valor gasto com mão de obra de todos os primeiros lotes dos seis aviários. Para os demais lotes, foi realizado seguindo a Equação 213 (equações disponíveis no Apêndice B). Com a Equação 219 é possível verificar o gasto total com mão de obra de todos os lotes de todos os aviários, ou seja, o gasto anual.

[MAODEOBRA\_AVE1] MAODEOBRAAVE1 = 0,17\*(VENDAAVE1A + VENDAAVE1B + VENDAAVE1C) + 0,18\*(VENDAAVE1D + VENDAAVE1E); ..... 213

...

[TOTAL\_MAODEOBRA\_AVE] MAODEOBRAAVETOTAL = MAODEOBRAAVE1 + MAODEOBRAAVE2 + MAODEOBRAAVE3 + MAODEOBRAAVE4 + MAODEOBRAAVE5 + MAODEOBRAAVE6; ..... 219

Os gastos com manutenção foram fixados por lote, sendo que cada aviário, segundo dados coletados com o proprietário, tem valores diferentes, ou seja, os aviários A, B e C têm maior manutenção por causa de sua estrutura ser mais antiga, sendo essa manutenção um valor de R\$ 1100,00 por lote. Já os aviários D e E por ter uma estrutura mais nova, apresentam menos manutenção no momento, sendo gastos uma média de R\$ 900,00 por lote.

A Equação 220 representa o cálculo da manutenção do primeiro lote dos cinco aviários. Assim foi feito também para os outros cinco lotes dos cinco aviários, como mostra a Equação 225, a qual mostra o cálculo da manutenção dos sextos lotes dos cinco aviários sendo que essas equações estão disponíveis no Apêndice B. A Equação 226, apenas foi utilizada para ter uma visualização do quanto é gasto com manutenção dos cinco aviários durante o ano.

$$[\text{MANUTENCAO\_AVE1}] \text{ MANUTAVE1} = 1100 * (\text{LOTEAVE1A} + \text{LOTEAVE1B} + \text{LOTEAVE1C}) + 900 * (\text{LOTEAVE1D} + \text{LOTEAVE1E}); \dots 220$$

...

$$[\text{MANUTENCAO\_AVE6}] \text{ MANUTAVE6} = 1100 * (\text{LOTEAVE6A} + \text{LOTEAVE6B} + \text{LOTEAVE6C}) + 900 * (\text{LOTEAVE6D} + \text{LOTEAVE6E}); \dots 225$$

$$[\text{TOTAL\_MANUTENCAO\_AVE}] \text{ MANUTAVETOTAL} = \text{MANUTAVE1} + \text{MANUTAVE2} + \text{MANUTAVE3} + \text{MANUTAVE4} + \text{MANUTAVE5} + \text{MANUTAVE6}; \dots 226$$

Nos aviários, diferente das pocilgas, tem gastos com aquecimento, já que é preciso manter certa temperatura para o desenvolvimento das aves. O custo com lenha foi fixado por lote, sendo que é gasto, em média, R\$ 1600,00 sendo o mesmo valor para todos os aviários.

A Equação 227 representa o cálculo do valor gasto com aquecimento do primeiro lote dos cinco aviários. Assim foi feito também para os outros cinco lotes dos cinco aviários, como mostra a Equação 232, a qual mostra o cálculo do custo com aquecimento dos sextos lotes dos cinco aviários, sendo que essas equações estão disponíveis no Apêndice B. A Equação 233, apenas foi utilizada para ter uma visualização do quanto é gasto com aquecimento dos cinco aviários durante o ano.

$$[\text{LENHA\_PALLET\_AVE1}] \text{ AQUECIMENTOAVE1} = 1600 * (\text{LOTEAVE1A} + \text{LOTEAVE1B} + \text{LOTEAVE1C} + \text{LOTEAVE1D} + \text{LOTEAVE1E}); \dots 227$$

...

$$[\text{LENHA\_PALLET\_AVE6}] \text{ AQUECIMENTOAVE6} = 1600 * (\text{LOTEAVE6A} + \text{LOTEAVE6B} + \text{LOTEAVE6C} + \text{LOTEAVE6D} + \text{LOTEAVE6E}); \dots 232$$

$$[\text{TOTAL\_LENHA\_PALLET\_AVE}] \text{AQUECIMENTOAVETOTAL} = \text{AQUECIMENTOAVE1} + \text{AQUECIMENTOAVE2} + \text{AQUECIMENTOAVE3} + \text{AQUECIMENTOAVE4} + \text{AQUECIMENTOAVE5} + \text{AQUECIMENTOAVE6}; \dots\dots\dots 233$$

A Equação 234 foi utilizada para calcular o valor total de todas as despesas geradas pelos cinco aviários durante um ano.

$$[\text{CUSTO\_AVE\_TOTAL}] \text{CUSTOAVE} = \text{LUZAVIARIOTOTAL} + \text{MAODEOBRAAVETOTAL} + \text{MANUTAVETOTAL} + \text{AQUECIMENTOAVETOTAL}; \dots\dots\dots 234$$

Para o cálculo da quantidade de dejetos produzidos pelas aves foi utilizada a Equação 235. Segundo dados coletados com o proprietário da UPA analisada, e comparando-se a literatura, obteve-se que cada ave gera por lote um total de 900 gramas de dejetos, sendo que nesta quantidade estão adicionadas as perdas de água e alimentos. Esses dejetos formam uma cama que é retirada 70% do total uma vez por ano. Portanto, da Equação 235 resulta a quantidade de dejetos produzidos por todas as aves dos cinco aviários durante o ano. A Equação 236 foi utilizada para o cálculo do valor ganho pela venda dos dejetos, sendo que o produtor ganha R\$ 65,00 por tonelada de dejetos. Na Equação 237 foi calculado o total de dejetos, sendo a soma dos dejetos utilizados na lavoura com a quantidade de dejetos vendidos.

$$[\text{QUANT\_DEJ\_AVE}] \text{DEJAVE} = 0,9 \cdot \text{AVE} \cdot 0,7; \dots\dots\dots 235$$

$$[\text{VENDA\_DEJ\_AVE}] \text{VENDADEJAVE} = 65 \cdot \text{DEJAVEVENDA} / 1000; \dots\dots\dots 236$$

$$[\text{TOTAL\_DEJ\_AVE}] \text{DEJAVE} = \text{DEJAVEVENDA} + \text{DEJAVELAV}; \dots\dots\dots 237$$

As Equações 238 e 239 trazem a quantidade total de quilogramas de nitrogênio e fósforo presentes nos dejetos totais das aves (dado em quilograma), sendo que o valor de nitrogênio (NSLA) e fósforo (PSLA) foi coletado da literatura (Equação 240 e 241).

$$[\text{N\_AVE}] \text{QNAVE} = \text{NAVEST} \cdot \text{DEJAVELAV}; \dots\dots\dots 238$$

$$[\text{P\_AVE}] \text{QPAVE} = \text{PAVEST} \cdot \text{DEJAVELAV}; \dots\dots\dots 239$$

[N\_ST\_AVE] NAVEST = 0,000541; ..... 240

[P\_ST\_AVE] PAVEST = 0,000351; ..... 241

- c) Ligação entre a quantidade de Nitrogênio e Fósforo produzidos pelas duas atividades pecuárias e balanço da oferta e demanda de nutrientes para as culturas

As equações a seguir foram utilizadas para calcular o total de nitrogênio (Equação 242) e o total de fósforo (Equação 243), produzidos pelas duas atividades pecuárias (suínos e aves) da unidade de produção piloto.

[NITROGENIO\_MAX] QNSUINO + QNAVE = NMAX; ..... 242

[FOSFORO\_MAX] QPSUINO + QPAVE = PMAX; ..... 243

Os efluentes tratados produzidos são utilizados nas culturas de soja e milho, respeitando a necessidade de nitrogênio e fósforo que cada cultura necessita. As equações 244 e 245 calculam a quantidade total de nitrogênio que as culturas precisam para o verão e inverno, respectivamente, e as equações 246 e 247 calculam o total de fósforo que as culturas precisam para o verão e inverno, respectivamente.

[PLANTIU\_VERAO\_N] PRODSOJA \* NECESSOJAN\*SOJA + PRODMILHO1 \*  
NECESMILHO1N \* MILHO1 = NITROGENIO1; ..... 244

[PLANTIU\_INVERNO\_N] PRODMILHO2 \* NECESMILHO2N \* MILHO2 = NITROGENIO2;  
..... 245

[PLANTIU\_VERAO\_P] PRODSOJA \* NECESSOJAP\*SOJA + PRODMILHO1 \*  
NECESMILHO1P \* MILHO1 = FOSFORO1; ..... 246

[PLANTIU\_INVERNO\_P] PRODMILHO2 \* NECESMILHO2P \* MILHO2 = FOSFORO2;  
..... 247

Para garantir que o total de nitrogênio e fósforo necessários para as culturas seja suficiente, utilizou-se as inequações 13 e 14, onde o total necessário de nitrogênio e de fósforo para utilizar nas culturas deve ser menor ou igual ao total de nitrogênio e fósforo produzidos pelas atividades pecuárias mais o que for necessário comprar, sendo que o custo para compra de cada nutriente é calculado nas equações 248 e 249. O preço para a compra de cada nutriente é dada em reais por quilograma, sendo R\$ 2,20 por quilograma de nitrogênio e R\$ 1,37 por quilograma de fósforo.

[TOTAL\_N\_L] NITROGENIO1 + NITROGENIO2 <= NMAX + NCOMPRA; .....13

[TOTAL\_P\_L] FOSFORO1 + FOSFORO2 <= PMAX + PCOMPRA; ..... 14

CUSTON = 2,20 \* NCOMPRA; ..... 248

CUSTOP = 1,37 \* PCOMPRA; ..... 249

#### d) Culturas de Soja e Milho

As equações que serão apresentadas neste tópico, trazem informações sobre a produção de soja, milho verão e milho inverno, tais como a produtividade, a necessidade de nutrientes, ganhos e custos de cada cultura.

A produtividade das culturas está em quilograma por hectare, pois a necessidade de nitrogênio e fósforo de cada cultura está em quantidade de extração por quilograma. A Equação 250 traz a quantidade de quilogramas produzidos de soja por hectare, e as equações 251 e 252 trazem a quantidade de nitrogênio e fósforo que a cultura de soja necessita para ter uma boa produtividade. Assim como foi feito para a cultura da soja, também foi realizado para o milho verão e milho inverno. Todas essas equações estão disponíveis no Apêndice B.

[PRODUCAO\_SOJA] PRODSOJA = 4212; ..... 250

[N\_SOJA] NECESSOJAN = 0; ..... 251

[P\_SOJA] NECESSOJAP = 0,012; ..... 252

...



O valor recebido pela produção, que normalmente é dado por sacas, neste modelo foi dado por quilograma, pois a produção também foi tomada em quilogramas. Assim as equações 259 e 260 são dados de entrada que refere-se ao valor recebido por quilograma de soja e de milho respectivamente. Vale destacar que esses valores foram atualizados em julho de 2021, variando a cada mês, e para o milho verão e inverno foi considerado o mesmo valor.

[PRECO\_SOJA] PSOJA = 2,50; ..... 259

[PRECO\_MILHO] PMILHO = 1,34; ..... 260

Com o preço recebido por quilograma, foi possível calcular o ganho total de cada cultura, onde foi multiplicado o preço pela produção por hectare. A Equação 261 traz o valor ganho pela cultura de soja e as equações 262 e 263 trazem o valor ganho pela cultura de milho verão e inverno.

[GANHO\_SOJA] GANHOSOJA = PSOJA\*PRODSOJA\*SOJA; ..... 261

[GANHO\_MILHO1] GANHOMILHO1 = PMILHO\*PRODMILHO1\*MILHO1; ..... 262

[GANHO\_MILHO2] GANHOMILHO2 = PMILHO\*PRODMILHO2\*MILHO2; ..... 263

Os custos dessas culturas são com o arrendamento da terra, caso seja alugada mais área para o plantio e custos necessários para a produção, como o custo para a compra das sementes, custo com maquinários para o plantio, colheita e para passar os defensivos, e o custo com a compra desses defensivos. A Equação 264 traz o custo para o aluguel de mais área para o plantio, sendo de R\$ 3990,00 por hectare.

[CUSTO\_PLANTIO\_TERRA] CUSTOPLANTIOTERRA = 3990\*SAUAREND; ..... 264

As equações que serão apresentadas a seguir foram utilizadas para calcular os custos com a cultura de soja. Esses valores foram repassados pelo proprietário da unidade de produção piloto, onde são valores em reais por hectare. A Equação 265 foi utilizada para calcular o custo com a compra de sementes que é gasto, em média, R\$ 1020,00 por hectare; a Equação 266 foi utilizada para calcular o custo

com o plantio, ou seja, o custo para pagar horas de trator para fazer o plantio que é gasto R\$ 300,00 por hectare. A Equação 267 calcula o custo para passar os defensivos na área plantada, incluindo o valor da compra do defensivo, sendo gasto, em média, R\$ 1300,00 por hectare. A Equação 268 foi utilizada para calcular o custo com a colheita, ou seja, o custo para pagar máquinas para fazer a colheita sendo gasto, em média, R\$ 1785,00 por hectare. Da mesma maneira foi feito para os custos da cultura do milho verão e inverno, sendo que cada cultura tem seus valores médios de gastos.

|   |     |
|---|-----|
| [CUSTO_SOJA_SEMESTE] CUSTOSOJAS = 1020*SOJA; .....  | 265 |
| [CUSTO_SOJA_PLANTIO] CUSTOSOJAP = 300*SOJA; .....   | 266 |
| [CUSTO_SOJA_VENENO] CUSTOSOJAV = 1300*SOJA; .....   | 267 |
| [CUSTO_SOJA_COLHEITA] CUSTOSOJAC = 1785*SOJA; ..... | 268 |

#### e) Distribuição da superfície de área útil (SAU)

As equações que serão apresentadas neste tópico foram utilizadas para a distribuição da área para o plantio das culturas de soja e milho. As Equações 277 e 278 foram utilizadas para calcular o total de área utilizada para o verão e inverno, sendo a soma da área própria mais a área arrendada. A Equação 279 é um dado de entrada que traz a quantidade de área própria que o produtor possui. A área arrendada ficou livre para que o modelo escolhesse a quantidade necessária (In. 15), levando em consideração a distribuição da quantidade de dejetos produzidos.

|   |     |
|---|-----|
| [SAU_TOTAL_V] SAUV = SAUPROPRIA + SAUAREND; ..... | 277 |
| [SAU_TOTAL_I] SAUI = SAUPROPRIA + SAUAREND; ..... | 278 |
| [AREA_PROPRIA] SAUPROPRIA = 19.36; .....          | 279 |
| [AREA_ARRENDADA_PLANTIO] SAUAREND >= 0; .....     | 15  |

As culturas de soja e milho verão competem por área, já que são plantadas em mesmo período. Assim a Inequação 16 foi utilizada para garantir que área utilizada para o plantio de soja e milho verão seja menor ou igual a área total e a

Inequação 17 foi utilizada para garantir que a plantação de milho inverno não exceda a quantidade total de área disponível para plantio.

[DISTRIBUICAO\_TERRA\_V] SOJA + MILHO1 <= SAUV; ..... 16

[DISTRIBUICAO\_TERRA\_I] MILHO2 <= SAUI; ..... 17

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo de programação, elaborado conforme o procedimento descrito acima foi utilizado para analisar as possibilidades de melhoria da renda do produtor levando em consideração a adequação da Unidade de Produção Agropecuária (UPA) à legislação ambiental vigente, tornando-a autossuficiente no que tange a reutilização dos dejetos oriundos do sistema de geração de proteína animal, na produção de proteína vegetal da própria propriedade.

Assim, este tópico apresenta os principais resultados e discussões relativos às soluções propostas pelo modelo sobre o sistema de produção animal e vegetal.

### 5.1 COMPARAÇÃO DO MODELO COM A SITUAÇÃO ATUAL

A partir dos dados coletados nas entrevistas com o agricultor referente aos condicionantes econômicos e financeiros calculou-se o rendimento líquido da situação atual da propriedade que resultou em um valor anual de R\$ 801.202,52 correspondendo a um rendimento mensal médio de R\$ 66.766,88. Vale destacar que não foram considerados os gastos com infraestrutura.

Com uso do Modelo desenvolvido alcançou-se o resultado econômico anual de R\$ 954.040,90. Comparando-se este valor com o obtido pela situação atual verifica-se uma diferença de 16%. Este valor está de acordo com os achados de SANDMANN e BARROS (2009) que desenvolveram um modelo de uma unidade de produção agropecuária de pequeno porte.

A diferença entre os resultados obtidos no modelo e a situação atual, se deve pela diferença da distribuição das culturas. O proprietário planta, no verão, toda a sua área própria (19,36 hectares) mais 7,99 hectares arrendados, em soja e no inverno planta toda esta mesma área em milho, ou seja, o proprietário não planta o milho de verão. Já o modelo distribuiu a terra de forma diferente, plantando toda a terra, verão e inverno, apenas com milho e não plantando soja.

O modelo fez essa distribuição por conta dos dejetos produzidos pelas atividades pecuárias, já que o modelo busca a utilização máxima dos dejetos produzidos na própria lavoura, bem como, pelos preços atuais de mercado desses

grãos. Na situação atual, o agricultor considera a rotatividade das culturas – folha larga e folha estreita – motivado por um maior equilíbrio no que tange ao controle de pragas e doenças, característica de cada cultura, e ainda o melhor aproveitamento dos nutrientes do solo.

## 5.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO PROPOSTO NAS SOLUÇÕES DO MODELO

A função objetiva da primeira simulação realizada buscou maximizar o resultado econômico anual (REA), o que forneceu um resultado econômico anual maior, tanto sobre a segunda simulação (REM), quanto sobre o sistema atual. Na segunda simulação, a função objetiva buscou maximizar o resultado econômico mensal mínimo (REM), o que possibilitaria garantir, ao longo do ano, uma renda mensal estável. Pode-se verificar na simulação REM uma variação mensal de renda devido ao alto valor agregado ao custeio e a venda de determinadas culturas em período específico do ano. A possibilidade de estabilidade de renda mensal equacionada no modelo é aplicada a agricultores descapitalizados (com limitações de capital circulante), o que não se aplica ao agricultor da UPA analisada.

As simulações são apresentadas na Tabela 5 na qual se verificam as principais diferenças entre as simulações e a situação atual. Pode-se observar que, de uma maneira geral, os sistemas de produção indicados pelas simulações diferem entre si e em relação ao sistema atual. O resultado econômico em MAX = REA foi de (R\$ 1.139.824,00) em MAX = REM foi (R\$ 815.613,6) e na situação atual (R\$ 801.202,52).

Na primeira simulação em que se maximizou o resultado econômico anual (REA), obteve-se melhor resultado financeiro tanto em relação ao obtido pelo REM como pelo observado na UPA. Isto aconteceu pela melhor distribuição das condições de contorno que envolveu a produção agropecuária, isto é, pela distribuição das atividades pecuárias, que assim como no sistema atual, foi possível realizar todos os lotes de suínos e aves durante o ano, e pela otimização no uso da superfície da área útil, que foi maior do que nas demais simulações. Isso se deve ao fato que a superfície de área útil arrendada ficou livre, podendo o modelo escolher a quantidade necessária para ter a maximização do resultado econômico.

**Tabela 5 - Resultados da otimização do modelo (REA e REM) e da situação atual (observada)**

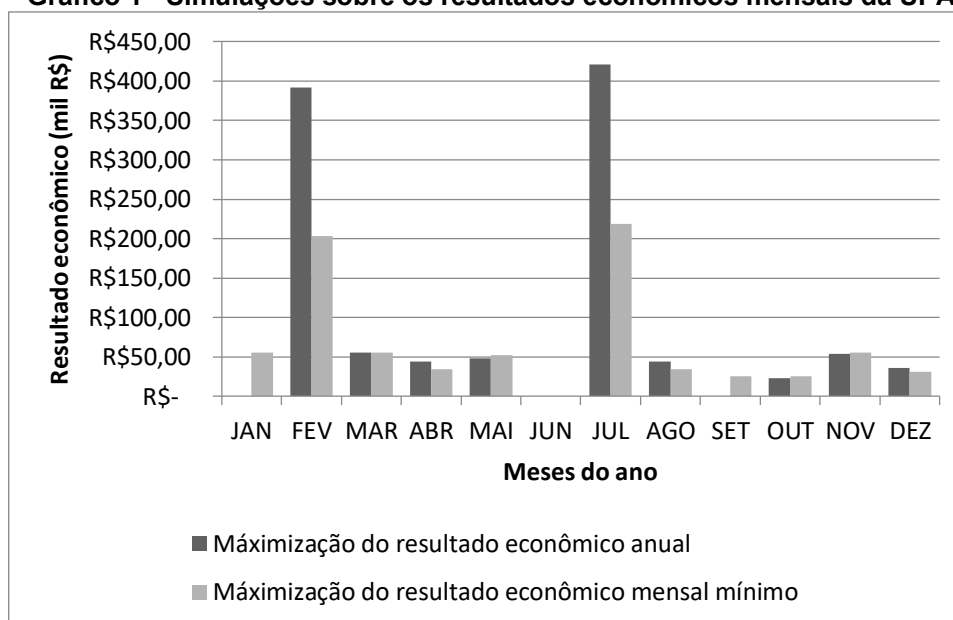
| Variável                    | Descrição   | Unidade        | Modelo (REA)        | Modelo (REM)      | Situação observada |
|-----------------------------|---|----------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| REA                         | Resultado econômico anual                         | Reais          | R\$<br>1.139.824,00 | R\$<br>815.613,60 | R\$<br>801.202,52  |
| SAUV                        | Área disponível utilizada verão                   | Hectare        | 43,48               | 19,36             | 27,35              |
| SAUI                        | Área disponível utilizada inverno                 | Hectare        | 43,48               | 19,36             | 27,35              |
| SOJA                        | Quant. Hectare plantio de Soja                    | Hectare        | 6,76                | 0                 | 27,35              |
| MILHO 1                     | Quant. Hectare plantio de Milho Verão             | Hectare        | 36,72               | 19,36             | 0                  |
| MILHO 2                     | Quant. Hectare plantio de Milho Inverno           | Hectare        | 43,48               | 19,36             | 27,35              |
| LOTESUINO                   | Quant. Lote suíno anual                           | Unidade        | 9                   | 6                 | 9                  |
| VENDASUINO                  | Rendimento anual lote suíno                       | Reais          | R\$<br>195.300,00   | R\$<br>149.520,00 | R\$<br>195.300,00  |
| DEJSUINO                    | Quant. Total Dejeito suíno                        | m <sup>3</sup> | 5.580               | 4.272             | 5.580              |
| LOTEAVE                     | Quant. Lote ave anual                             | Unidade        | 30                  | 30                | 30                 |
| VENDAAVE                    | Rendimento anual lote aves                        | Reais          | R\$<br>621.607,40   | R\$<br>621.607,40 | R\$<br>621.607,40  |
| DEJAVELAV                   | Quant. Dejeito ave uso lavoura                    | Tonelada       | 0                   | 0                 | 120                |
| DEJAVEVENDA                 | Quant. Dejeito ave venda                          | Tonelada       | 385,25              | 385,25            | 265,25             |
| VENDADEJAVE                 | Valor total em toneladas de dejeito aves vendidos | Reais          | R\$<br>25.041,25    | R\$<br>25.041,25  | R\$<br>17.241,25   |
| NMAX                        | Nitrogênio duas categorias                        | Kg             | 3.835,42            | 2.985,22          | 3.835,42           |
| NITROGENIO 1 + NITROGENIO 2 | Nitrogênio Absorvido                              | Kg             | 12.564,43           | 6.246,72          | 2.901,12           |
| PMAX                        | Fósforo duas categorias                           | Kg             | 1.491,16            | 1.173,32          | 1.491,16           |
| FOSFORO 1 + FOSFORO 2       | Fosforo Absorvido                                 | Kg             | 2.654,27            | 1.149,74          | 1.916,28           |

Fonte: autoria própria, 2021

Pode-se observar na Tabela 5, que ao compilar a função objetiva 1, a UPA tem condição de utilizar uma área de 43,48 ha, isto é, utilizar toda a área própria (19,36 ha) mais os 7,99 ha que já era arrendado pelo proprietário e além destes, arrendar mais 24,12 ha, utilizando assim, 100% de toda SAU para a produção de soja e milho destinados a venda. Está mesma situação não é analisada quando se maximiza o REM, pois nesta simulação é utilizada apenas a área própria (19,36 ha).

Na busca de uma compreensão melhor dos resultados obtidos nas simulações, construiu-se o Gráfico 1, o qual ilustra a comparação entre as simulações do resultado econômico mínimo mensal (REM) e do resultado econômico mensal do REA.

**Gráfico 1 - Simulações sobre os resultados econômicos mensais da UPA**

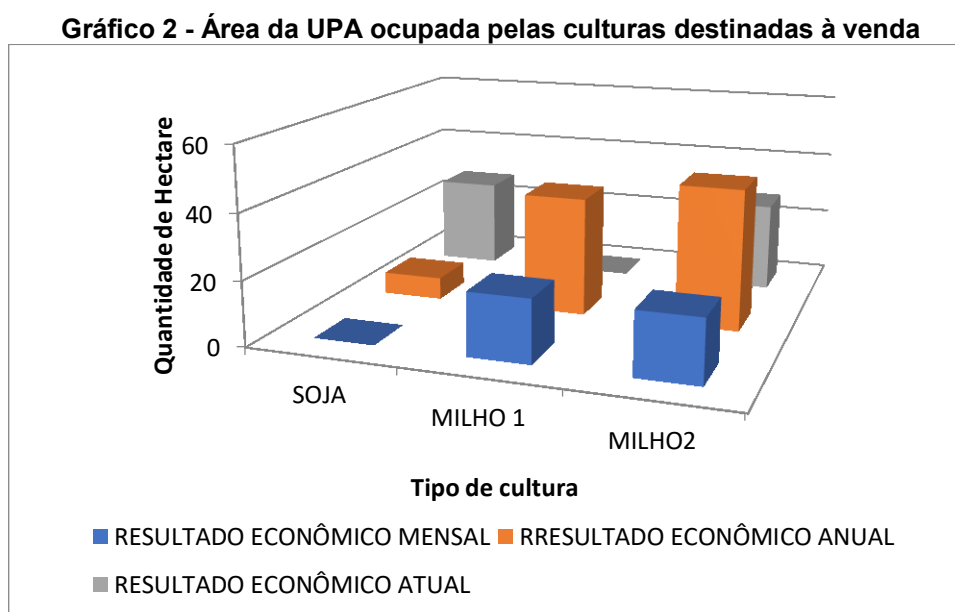


Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se no Gráfico 1, que tanto no REA quanto no REM não se verifica resultado econômico no mês de junho, devido ao fato da propriedade não apresentar produtos para venda neste mês. No mês de janeiro e no mês de setembro apresenta apenas resultado econômico mensal (no mês de janeiro o MAX=REA foi positivo próximo de zero e no mês de setembro o MAX=REA foi negativo próximo de zero), pois as atividades propostas para a produção de proteína vegetal têm custos

menores do que no resultado econômico anual; sendo que, no REA a um melhor aproveitamento da SAU própria e uma área de plantio arrendada maior (24,12 ha).

No Gráfico 1 verifica-se um resultado econômico mensal da simulação do REA maior do que em relação ao REM, nos meses fevereiro e julho – no mês de fevereiro: a MAX=REA foi de R\$ 392.007,10, e a MAX=REM foi de R\$ 203.116,20; no mês de julho: MAX=REA foi de R\$ 421.004,90, e a MAX=REM foi de R\$ 218.387,00 – isso deve-se a maior quantidade de terra cultivada no REA. Nos demais meses o resultado econômico foi próximo pelo fato de o agricultor possuir em sua propriedade atividades com períodos de venda bimestrais e quadrimestrais; caso ele possuísse atividades com renda mensal, como por exemplo a atividade leiteira, possivelmente a diferença no resultado econômico desses meses seria maior, o que pode-se observar em Melges et al (2019) e Silva Neto e Oliveira (2007).



No Gráfico 2, verifica-se a na simulação do REM a utilização da SAU da estação quente de 19,36 ha com o plantio de milho sendo que não cultiva soja. Na estação fria é utilizado 19,36 ha para o plantio de milho. Na simulação do REA observa-se a utilização de 6,76 ha para o plantio de soja e 36,72 ha para o plantio de milho na estação quente; e 43,48 ha para o plantio de milho na estação fria, totalizando uma área cultivada de 43,48 ha nas duas estações, sendo que 19,36 ha é área própria e 24,12 ha é a área arrendada sugerida pelo modelo.



Na situação atual, é utilizada uma área de 27,35 ha, sendo cultivada na sua totalidade com soja na estação quente e milho na estação fria. Segundo o agricultor a escolha da rotatividade se dá pela melhor fixação dos nutrientes no solo e um melhor controle da disseminação de pragas agrícolas o que é corroborado por Silva Neto e Oliveira (2007). Vale ressaltar que o Milho 1 que é chamado milho safrinha (milho da estação fria) pode ter muitas perdas devido ao risco de geadas e um grande estresse hídrico pela diminuição da chuva neste período, diminuindo assim a sua produtividade.

**Tabela 6 - número de lotes de suínos e aves nas três situações**

| MÊS | Distribuição dos lotes de Suínos |           |             | Distribuição dos lotes de Aves |           |             |
|-----|----------------------------------|-----------|-------------|--------------------------------|-----------|-------------|
|     | Lotes REA                        | Lotes REM | Lotes ATUAL | Lotes REA                      | Lotes REM | Lotes ATUAL |
| JAN | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| FEV | –                                | –         | –           | –                              | –         | –           |
| MAR | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| ABR | 3                                | 1         | 3           | –                              | –         | –           |
| MAI | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| JUN | –                                | –         | –           | –                              | –         | –           |
| JUL | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| AGO | 3                                | 2         | 3           | –                              | –         | –           |
| SET | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| OUT | –                                | –         | –           | –                              | –         | –           |
| NOV | –                                | –         | –           | 5                              | 5         | 5           |
| DEZ | 3                                | 3         | 3           | –                              | –         | –           |

Fonte: autoria própria, 2021

Na Tabela 6, apresenta-se os valores referentes ao número de lotes de suínos e aves ao longo do ano. Observa-se que nas duas simulações e na situação atual, o número de lotes referentes a aves é igual; sendo que a capacidade máxima para essa categoria é alcançada nas três situações (MAX=REA, MAX=REM e situação atual). Para a utilização das pocilgas, tanto na maximização do REA, quanto na situação atual desenvolveu-se o número total de lotes, ou seja,

totalizando 9 lotes por ano; enquanto na simulação do resultado econômico mensal, verificou-se a produção de 6 lotes, devido a distribuição da terra na MAX=REM que provavelmente houve um excedente de nutrientes oriundos dos efluentes; não apresentando o primeiro e o terceiro lote da pocilga A e o segundo lote da pocilga B. Segundo Macucule, Sandmann e Hellmann (2015), a geração de efluentes deve ser compatível com sua utilização na própria propriedade ou haver a possibilidade de venda ou arrendamento de terra.

**Tabela 7 - Quantidades de N e P demandados pelas culturas e produzidos na UPA para as duas simulações e situação atual**

| CULTURAS                 | DEMANDA NITROGÊNIO (kg) |         |         | DEMANDA FÓSFORO (kg) |         |         |
|--------------------------|-------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|
|                          | REA                     | REM     | ATUAL   | REA                  | REM     | ATUAL   |
| SOJA                     | 0,00                    | 0,00    | 0,00    | 341,75               | 0,00    | 1382,38 |
| MILHO 1                  | 7952,49                 | 4193,13 | 0,00    | 1463,78              | 771,81  | 0,00    |
| MILHO 2                  | 4611,94                 | 2053,59 | 2901,12 | 848,74               | 377,92  | 533,90  |
| <b>NECESSIDADE TOTAL</b> | 12564,43                | 6246,72 | 2901,12 | 2654,27              | 1149,74 | 1916,28 |
| <b>PRODUÇÃO TOTAL</b>    | 3835,42                 | 2985,22 | 3835,42 | 1491,16              | 1173,32 | 1491,16 |

Fonte: autoria própria, 2021

Observa-se na Tabela 7 que tanto na maximização mensal quanto na anual, a produção de nitrogênio e fósforo são inferiores a demanda, o que leva o agricultor a comprar adubo químico. No modelo observa-se a não utilização do dejetos de ave, devido ao alto valor agregado para venda em detrimento ao valor de compra do adubo químico (o modelo não leva em consideração o uso de matéria orgânica, o que também corrobora com a venda do dejetos de aves).

Com o sistema atual a produção de nitrogênio é maior que a demanda devido às culturas agrícolas adotadas pelo agricultor. Segundo Macucule, Sandmann e Hellmann (2015), para que a propriedade esteja em conformidade com a legislação ambiental, no que tange ao total aproveitamento dos dejetos gerados por sua produção agropecuária, é necessário que os dejetos produzidos pelas culturas tenham um destino correto, podendo ser utilizados na própria propriedade, ou vendidos. Os resultados da Tabela 7 estão em conformidade com o trabalho realizado por Macucule, Sandmann e Hellmann (2015).

## 6 CONCLUSÕES

A partir da revisão de literatura, buscou-se entendimento acerca da produção de proteína animal e vegetal, bem como a utilização correta de seus resíduos, verificando-se a importância da modelagem matemática para otimização de uma UPA objetivando o aumento na produtividade ensejando-se maior lucratividade e a adequação da UPA à legislação ambiental vigente.

Analisando o resultado sugerido nas duas simulações (MAX = REA e MAX = REM) pode-se concluir que o objetivo principal da dissertação foi alcançado, pois em ambos se tem a maximização dos resultados econômicos e alcançou-se a adequação da UPA no que tange à destinação de dejetos da suinocultura e avicultura nas condições do entorno do lago de Itaipu- PR. Porém, a simulação do resultado econômico anual (REA), foi a que apresentou um melhor resultado para a situação da UPA analisada.

A função objetivo 1 (REA), indica que para maximizar a renda anual o proprietário deve disponibilizar mais área para o plantio, ou seja, o modelo indica o arrendamento de terra maior do que o proprietário já aluga na situação atual. Além disso, o modelo indica uma distribuição das culturas diferente do atual, sugerindo o plantio de milho diminuindo o plantio de soja na estação quente; para a estação fria, o modelo sugere uma área maior para o plantio de milho.

A solução indicada pela função objetivo 2 (REM) para maximizar a renda do mês de menor lucratividade da UPA visa garantir, ao longo do ano, uma renda mensal estável. Porém verificou-se na simulação REM uma variação mensal de renda devido ao alto valor agregado ao custeio e a venda de determinadas culturas em período específico do ano. A possibilidade de estabilidade de renda mensal equacionada no modelo é aplicada a agricultores descapitalizados, ou seja, com limitações de capital circulante, o que não se aplica ao agricultor da UPA analisada.

Vale ressaltar que o modelo não leva em conta a rotação de culturas e a prática da monocultura, que é caracterizada por um espaço de terra que é destinado para o plantio de uma única cultura, acarreta inúmeras consequências, como por exemplo, o aumento das pragas e doenças nas espécies vegetais cultivadas,

resultando no uso ainda maior de agrotóxicos; interrupção do processo natural de reciclagem dos nutrientes do solo, tornando-o pobre e diminuindo sua produtividade.

Os efluentes da suinocultura, que são os mais impactantes, obtiveram-se o reuso total na própria UPA, adequando a unidade às normas ambientais de destinação de efluentes; já em referência aos dejetos de aves, devido à facilidade de manejo, o alto valor econômico agregado e a logística de fácil aplicação, os modelos sugeriram a comercialização como adubo orgânico. Porém os dejetos de aves poderiam ser utilizados na lavoura, como é feito no sistema atual da propriedade, onde é utilizado uma quantidade na lavoura e o restante é vendido.

O índice ótimo de utilização dos nutrientes nitrogênio e fósforo foi alcançado nas duas simulações, pois em todas as simulações houve a necessidade de compra de nutrientes. Apenas na simulação 2 (REM) não precisou comprar fósforo, mas em compensação, faltou muito nitrogênio. Na situação atual percebe-se a mesma condição.

Pode-se concluir, com o presente trabalho, que foi possível definir um sistema de produção, conforme o modelo acima construído que, através das simulações e dos resultados acerca do sistema de produção apresentado pelo modelo que maximiza o resultado econômico anual e mensal mínimo, que o primeiro (REA) se adapta bem a UPAs de médio porte capitalizadas. A segunda simulação (REM) se adaptaria melhor para UPAs descapitalizadas. Deste modo, pode-se construir outros modelos com outros objetivos para introdução de novas atividades na agricultura. Pode-se, também, elaborar procedimentos que permitam a avaliação e a análise de outros resultados.

## REFERÊNCIAS

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária no Brasil**, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual**, 2020.

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**: métodos e modelos para análise de decisão. 2ª ed. 276p. 1998.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L. de; SILVA, L. X. da. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Rev. Brasileira de Gestão de Negócios**. vol.20 n.2 - São Paulo, 2018.

AUGUSTO, K. V. Z. **Produção de fertilizantes a partir dos dejetos de aves**. 2016. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/producao-de-fertilizantes-a-partir-dos-dejetos-de-aves/20091127-083557-s527>, acesso em: 26 abr. 2020.

AVIZOM. Associação dos Avicultores da Zona da Mata. **Cama de frango**. Visconde do Rio Branco – MG, 65p., 2006.

BARBOZA, A. O. **Simulação e técnicas da computação evolucionária aplicadas a problemas de programação linear inteira mista**. 2005. Tese – UTFPR. Pós-Graduação em Eng. Elétrica e Informática Industrial. Curitiba, 2005.

BERNARDES, M. S. Modelagem matemática aplicada à agricultura. FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL, 2000**. Anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2000.

BRIESEMEISTER, M.; BORBA, M. P. de. Programação matemática aplicada ao gerenciamento de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. **Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil+10**. Curitiba - PR, 2014.

COELHO, A. M. et al. **Embrapa Milho e Sorgo - Sistemas de Produção**. Versão Eletrônica - 2ª Edição, 2006.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 8, n. 5. Brasília, p 1-94, fev. 2021.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja** – Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 268p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n.16), 2013.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações**: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008, 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal – São Paulo, 2008.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITTI, D. C.; ROSCOE, R. **Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja**. Tecnologia e Produção: Soja 2016/2017. 2016.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. **Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira**. EMBRAPA – Gado de Corte. Campo Grande, 2017.

GRIMES, J. L. Alternatives litter materials for growing poultry. **North Carolina Poultry Industry Newsletter**, v. 1, 2004.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Território e Ambiente**. Santa Helena. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/santa-helena/panorama>. Acesso em: 26 mar. 2020.

IGNIZIO, J. P. **Linear Programming in Single & Multiple-Objective Systems**, Prentice-Hall, 1982.

JÚNIOR, C. B.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais. **Itaipu Binacional/FAO**. Foz do Iguaçu/Brasília – PR. v. 2 140 p., 2009.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, 1985.

KONZEN, E. A., **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. V Seminário Técnico da Cultura de Milho – Videira, SC – agosto/2003. Pesquisador – Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG.

LACHTERMACHER, G. Pesquisa operacional . 4ª edição, ed. Person, 2009.224p.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. F. **Conhecendo os principais solos do Paraná**: abordagem para professores do ensino fundamental e médio. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Estadual do Paraná, 2012.

LINDO SYSTEMS INC. (2019) **Software Lingo**. Disponível em: <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>. Acesso em: 21 de nov. de 2019.

MACUCULE, O. E.; SANDMANN, A.; HELLMANN, L. Produção de proteína animal e reuso na própria unidade produtora. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Medianeira. Medianeira – PR. v. 2, n. 12, p. 78-85, jul./dez. 2015.

MARCHÃO, R. L.; et al. Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no oeste baiano. **Embrapa Comunicado Técnico 163**, Planaltina, DF, mar. 2009.

MEDRI, V. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

MELGES, A. I. ; SANDMAN, A. ; MAGALHAES, P. S. G. ; MARCOLIN, J. F. . **Otimização da produção agropecuária e sua sustentabilidade: aplicação de programação matemática em uma unidade produtiva adjacente ao Parque Nacional do Iguaçu**. In: Paulo Wichnoski. (Org.). Estudos exploratórios em matemática aplicada. 1 ed. Ampére: FAMPER, 2019, v. 1, p. 77-85.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **INTRODUÇÃO A FERTILIDADE DO SOLO 1**. Barreiras-BA. 2007.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C. **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado**. Londrina: IAPAR, 2015.

MOREIRA, S. A. **Desenvolvimento de um Modelo Matemático para otimização de sistema integrado de produção agrícola com terminação de bovinos de corte em confinamento**. (Dissertação de mestrado em agronegócios), Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

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

OLISZESKI, C. A. N.; COLMENERO, J. C. Definição de parâmetros para a construção de modelos de planejamento agrícola: Um cenário para otimização de processos agroindustriais. **Revista Gestão Industrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil. v. 06, n. 02: p. 45-68, 2010.

PAGANINI, F. J. **Produção de frangos de corte: Manejo de cama**. Ed. MENDES, A. A.; NÄÄS, I. de A.; MACARI, M. Campinas: FACTA. 356p. 2004.

PALHARES, J. C. P. **Licenciamento ambiental na suinocultura: os casos brasileiro e mundial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2008.



PALHARES, J. C. P. **Uso de cama de frango na produção de biogás**. EMBRAPA, Concórdia/SC, 2004.

PARANÁ, “**PERFIL DA AGROPECUÁRIA PARANAENSE**”. Curitiba – PR: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento – SEAB, Departamento de Economia Rural – DERAL, 2021.

PAULETTI, V; MOTTA, A. C. V. **Fontes Alternativas de Nutrientes para Adubação de Pastagens**. XXI Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 2004.

PEDREIRA, M. S. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PEIXOTO, A. M., PENATI, M. A. Instalações e equipamentos para o confinamento do gado de corte. In: Confinamento de Bovinos de Corte. V. 1, p. 45-84, Piracicaba, 2000.

PERAZOLLI, M.; KUNZE, M. A. B. Gestão Ambiental aplicada em uma propriedade rural com atividade de bovinocultura de corte. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental** – RG&SA. Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 704-717, out/dez. 2018.

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

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A.; BUDIÑO, F.E.L. **A questão ambiental e os impactos causados pelos efluentes da suinocultura**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_3/QAmbiental/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/QAmbiental/index.htm). Acesso em: 6 maio 2020.

PRADO, D. **Programação Linear**. Belo Horizonte: DG, 1999. 9-15 p.

RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M.; HENRIQUE, W.; SUGOHARA, A.; AMORIM, A.C. Efeito da fonte proteica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.2.082-2.091, 2007.

REGINATO, L.; SANDMANN, A.; MELGES, A. I.; SANDMANN, L.; REGINATO, L. Otimização de um sistema agropecuário e o aproveitamento dos resíduos da bovinocultura em uma unidade adjacente ao Parque Nacional do Iguaçu. In: Congresso brasileiro de Engenharia de Produção - ConBRepro. 7., 2017, Ponta Grossa – PR, 2017.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. **A Sustentabilidade Ambiental da Agropecuária Brasileira: Impactos, Políticas Públicas e desafios**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA – Brasília: Rio de Janeiro, 2012.

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

SANDMANN, A. **Modelagem matemática dos condicionantes técnicos, econômicos e financeiros de uma unidade de produção agropecuária com bovinocultura de leite**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática), UNIJUI – Universidade regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul, Ijuí – RS, 2009.

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.

SANTOS, M. O. **Programação Matemática - Otimização Linear**. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – ICMC, Universidade de São Paulo – USP, 2010.

SILVA NETO, B.; OLIVEIRA, A. **A Programação Matemática na Análise de Sistemas de Produção Agropecuária**, Parte I. Ed. UNIJUI – Ijuí, 2007.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M.; FILHO, J. I. S. **Anuário 2019 da Avicultura Industrial**: Conjuntura econômica da avicultura brasileira em 2018 - Estudos da Embrapa, 2019.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. reimp. – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 134 p., 2013.

**APÊNDICE A** - Questionário: levantamento de dados

## APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DOS DADOS

Nome do agricultor: \_\_\_\_\_

Localização da propriedade: \_\_\_\_\_

| ÁREA                       | QUANTIDADE (Ha) | CUSTO (R\$) |
|----------------------------|-----------------|-------------|
| Superfície Própria TOTAL   |                 |             |
| Área para Plantio          |                 |             |
| Área para Pecuária         |                 |             |
| Área de Preservação        |                 |             |
| Área de Moradia            |                 |             |
| Superfície Arrendada TOTAL |                 |             |
| Área para Plantio          |                 |             |
| Área para Pecuária         |                 |             |
| Superfície TOTAL           |                 |             |
| SAL                        |                 |             |

| TRABALHO                        | HORAS | CUSTO (R\$) |
|---------------------------------|-------|-------------|
| Unidades de Trabalho Contratada |       |             |
| Unidades de Trabalho Familiar   |       |             |
| Unidades de Trabalho Total      |       |             |

| PRINCIPAIS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS  |        |          |             |        |                 |
|-------------------------------------|--------|----------|-------------|--------|-----------------|
| TIPO                                | QUANT. | VALOR UN | VALOR TOTAL | ESTADO | DURAÇÃO EM ANOS |
| Trator                              |        |          |             |        |                 |
| Tanque dispensor de dejetos líquido |        |          |             |        |                 |
| Esparramador de esterco sólido      |        |          |             |        |                 |
| Esparramador de ureia               |        |          |             |        |                 |
| Carreta agrícola                    |        |          |             |        |                 |

|              |  |  |  |  |  |
|--------------|--|--|--|--|--|
| Roçadeira    |  |  |  |  |  |
| Plantadeira  |  |  |  |  |  |
| Pulverizador |  |  |  |  |  |
| Ensiladeira  |  |  |  |  |  |
| Enfardadeira |  |  |  |  |  |
|              |  |  |  |  |  |

| PRINCIPAIS INSTALAÇÕES E DEPRECIÇÃO |                        |  |                      |             |        |                 |
|-------------------------------------|------------------------|--|----------------------|-------------|--------|-----------------|
| TIPO                                | ÁREA (m <sup>2</sup> ) |  | VALOR m <sup>2</sup> | VALOR TOTAL | ESTADO | DURAÇÃO EM ANOS |
| Aviário                             | Aviário 1              |  |                      |             |        |                 |
|                                     | Aviário 2 e 3          |  |                      |             |        |                 |
|                                     | Aviário 4 e 5          |  |                      |             |        |                 |
| Pocilga                             | Pocilga 1 e 2          |  |                      |             |        |                 |
|                                     | Pocilga 3              |  |                      |             |        |                 |

| ATIVIDADE PECUÁRIA |               |               |                     |                        |            |                                |
|--------------------|---------------|---------------|---------------------|------------------------|------------|--------------------------------|
| TIPO DE ATIVIDADE  | IDENTIFICAÇÃO | ANIMAL / LOTE | DURAÇÃO LOTE (DIAS) | VAZIO SANITÁRIO (DIAS) | LOTE / ANO | QUANT. EFLUENTES/ ANIMAL/ LOTE |
| Suinícola          | Pocilga 1 e 2 |               |                     |                        |            |                                |
|                    | Pocilga 3     |               |                     |                        |            |                                |
| Avícola            | Aviário 1     |               |                     |                        |            |                                |
|                    | Aviário 2 e 3 |               |                     |                        |            |                                |
|                    | Aviário 4 e 5 |               |                     |                        |            |                                |

| ATIVIDADE PECUÁRIA |               |               |               |               |              |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| TIPO DE ATIVIDADE  | QUANT. ANIMAL | TEMPO ENGORDA | TIPO DE TRATO | QUANT. TRATO/ | CUSTO TRATO/ |
|                    |               |               |               |               |              |

|               |  |               |         |               |               |
|---------------|--|---------------|---------|---------------|---------------|
|               |  | <b>(DIAS)</b> |         | <b>ANIMAL</b> | <b>ANIMAL</b> |
| Gado de corte |  |               | Piquete |               |               |
|               |  |               | Feno    |               |               |

| <b>PRODUÇÃO DAS CULTURAS DE VERÃO</b> |                  |                   |                   |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>TIPO DE CULTURA</b>                | <b>ÁREA (Ha)</b> | <b>RENDIMENTO</b> | <b>PREÇO SACA</b> |
| Soja                                  |                  |                   |                   |
| Milho Grão (gado)                     |                  |                   |                   |
| Milho Grão (venda)                    |                  |                   |                   |
| Milho silagem                         |                  |                   |                   |
| Milheto                               |                  |                   |                   |
| Capim                                 |                  |                   |                   |
|                                       |                  |                   |                   |
| <b>TOTAL</b>                          |                  |                   |                   |

| <b>PRODUÇÃO DAS CULTURAS DE INVERNO</b> |                  |                   |                   |
|---|------------------|-------------------|-------------------|
| <b>TIPO DE CULTURA</b>                  | <b>ÁREA (Ha)</b> | <b>RENDIMENTO</b> | <b>PREÇO SACA</b> |
| Pastagens                               |                  |                   |                   |
| Milho                                   |                  |                   |                   |
| Aveia                                   |                  |                   |                   |
| <b>TOTAL</b>                            |                  |                   |                   |

| <b>ATIVIDADES PERMANENTES</b> |                  |                   |
|-------------------------------|------------------|-------------------|
| <b>TIPO DE CULTURA</b>        | <b>ÁREA (Ha)</b> | <b>RENDIMENTO</b> |
| Piquete                       |                  |                   |
| Gramíneas                     |                  |                   |

| <b>CUSTO INTERMEDIÁRIO</b>       |                       |                             |                |                       |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| <b>ATIVIDADE</b>                 | <b>SOJA</b>           |                             |                |                       |
| <b>ITENS (INSUMOS/ SERVIÇOS)</b> | <b>QUANTIDADE /Ha</b> | <b>QUANTIDADE CONSUMIDA</b> | <b>UNIDADE</b> | <b>CUSTO UN (R\$)</b> |
|                                  |                       |                             |                |                       |

|                     |  |  |        |  |
|---------------------|--|--|--------|--|
| Semente certificada |  |  | sacas  |  |
| Tratamento semente  |  |  |        |  |
| NPK                 |  |  | sacas  |  |
| Super. triplo       |  |  | sacas  |  |
| Cloreto potássio    |  |  | sacas  |  |
| Ureia               |  |  | sacas  |  |
| Agroquímicos        |  |  |        |  |
| Secante             |  |  | litros |  |
| Formicida           |  |  |        |  |
| Fungicida           |  |  | litros |  |
| Herbicida           |  |  | litros |  |
| Hora trator         |  |  | horas  |  |
| Redutor do PH       |  |  |        |  |
| Mecânica            |  |  |        |  |
| Colheita            |  |  |        |  |
| Óleo lubrificante   |  |  | litros |  |
| Óleo diesel         |  |  | litros |  |
|                     |  |  |        |  |

| <b>CUSTO INTERMEDIÁRIO</b>           |                           |                                 |                |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|
| <b>ATIVIDADE</b>                     | <b>MILHO</b>              |                                 |                |                           |
| <b>ITENS (INSUMOS/<br/>SERVIÇOS)</b> | <b>QUANTIDADE<br/>/Ha</b> | <b>QUANTIDADE<br/>CONSUMIDA</b> | <b>UNIDADE</b> | <b>CUSTO UN<br/>(R\$)</b> |
| Semente certificada                  |                           |                                 | sacas          |                           |
| Adubo                                |                           |                                 |                |                           |
| Esterco suíno                        |                           |                                 |                |                           |
| Super. triplo                        |                           |                                 | sacas          |                           |
| Cloreto potássio                     |                           |                                 | sacas          |                           |
| Ureia                                |                           |                                 | sacas          |                           |
| Agroquímicos                         |                           |                                 |                |                           |
| Secante                              |                           |                                 | litros         |                           |



|                   |  |  |        |  |
|-------------------|--|--|--------|--|
| Inseticida        |  |  |        |  |
| Herbicida         |  |  | litros |  |
| Fungicida         |  |  | litros |  |
| Horas ensiladeira |  |  | horas  |  |
| Redutor PH        |  |  |        |  |
| Lona              |  |  |        |  |
| Horas trator      |  |  | horas  |  |
| Colheita          |  |  |        |  |
| Óleo lubrificante |  |  | litros |  |
| Óleo diesel       |  |  | litros |  |
|                   |  |  |        |  |

| <b>CUSTO INTERMEDIÁRIO</b>           |                           |                                 |                |                           |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------|
| <b>ATIVIDADE</b>                     | <b>PASTAGENS</b>          |                                 |                |                           |
| <b>ITENS (INSUMOS/<br/>SERVIÇOS)</b> | <b>QUANTIDADE<br/>/Ha</b> | <b>QUANTIDADE<br/>CONSUMIDA</b> | <b>UNIDADE</b> | <b>CUSTO UN<br/>(R\$)</b> |
| Semente                              |                           |                                 |                |                           |
| Fertilizantes                        |                           |                                 |                |                           |
| Npk                                  |                           |                                 |                |                           |
| Super triplo                         |                           |                                 |                |                           |
| Cloreto potássio                     |                           |                                 |                |                           |
| Ureia                                |                           |                                 |                |                           |
| Agroquímicos                         |                           |                                 |                |                           |
| Secante                              |                           |                                 |                |                           |
| Lona                                 |                           |                                 |                |                           |
| Óleo lubrificante                    |                           |                                 |                |                           |
| Colheita                             |                           |                                 |                |                           |
| Óleo diesel                          |                           |                                 |                |                           |
|                                      |                           |                                 |                |                           |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>GASTOS GERAIS</b> |  |
|----------------------|--|

| <b>ITENS<br/>(INSUMOS/<br/>SERVIÇOS)</b> | <b>QUANTIDADE</b> | <b>VALOR UN</b> | <b>VALOR TOTAL</b> |
|--|-------------------|-----------------|--------------------|
| Óleo diesel                              |                   |                 |                    |
| Graxa                                    |                   |                 |                    |
| Consertos anuais                         |                   |                 |                    |
| Energia elétrica                         |                   |                 |                    |
| Óleo diesel                              |                   |                 |                    |
| Óleo lubrificante                        |                   |                 |                    |
| Óleo cárter                              |                   |                 |                    |

| <b>OUTROS GASTOS<br/>(DISTRIBUIÇÃO DO VALOR AGREGADO)</b> |                  |              |
|---|------------------|--------------|
| <b>ITENS</b>  |                  | <b>VALOR</b> |
| Funrural  | Soja             |              |
| Funrural  | Milho silagem    |              |
| Funrural  | Milho grãos      |              |
| Funrural  | Pastagem         |              |
| Funrural  | Piquete          |              |
|   | Custeio          |              |
| Juros   | Custeio          |              |
| Juros   | Investimento     |              |
| Juros   | Investimento     |              |
|   |                  |              |
| Empregado fixo  |                  |              |
| Diarista  |                  |              |
| Sindicato   | % Salário mínimo |              |
| Arrendamento  |                  |              |
| <b>ITR</b>  |                  |              |

## **APÊNDICE B - Modelo**

## MODELO MATMÁTICO

MAX = REA;

!SUÍNOS;

[PRECO\_SUINO A] PSUINO A = 28;  
 [PRECO\_SUINO B] PSUINO B = 28;  
 [PRECO\_SUINO C] PSUINO C = 28;

[PRECO\_LUZ\_POCILGAA] PLUZPOCILGAA = 550\*4;  
 [PRECO\_LUZ\_POCILGAB] PLUZPOCILGAB = 550\*4;  
 [PRECO\_LUZ\_POCILGAC] PLUZPOCILGAC = 1125\*4;

! POCÍLGA A;

@BIN (LOTESUINO1A) ; @BIN (LOTESUINO2A) ; @BIN (LOTESUINO3A) ;

[TOTAL\_LOTE\_SUINO\_A] LOTESUINO A = LOTESUINO1A + LOTESUINO2A + LOTESUINO3A;

[NUM\_SUINO1A] SUINO1A = 545\*LOTESUINO1A;  
 [NUM\_SUINO2A] SUINO2A = 545\*LOTESUINO2A;  
 [NUM\_SUINO3A] SUINO3A = 545\*LOTESUINO3A;  
 [TOTAL\_NUM\_SUINO\_A] SUINO A = SUINO1A + SUINO2A + SUINO3A;

! POCÍLGA B;

@BIN (LOTESUINO1B) ; @BIN (LOTESUINO2B) ; @BIN (LOTESUINO3B) ;

[TOTAL\_LOTE\_SUINO\_B] LOTESUINO B = LOTESUINO1B + LOTESUINO2B + LOTESUINO3B;

[NUM\_SUINO1B] SUINO1B = 545\*LOTESUINO1B;  
 [NUM\_SUINO2B] SUINO2B = 545\*LOTESUINO2B;  
 [NUM\_SUINO3B] SUINO3B = 545\*LOTESUINO3B;  
 [TOTAL\_NUM\_SUINO\_B] SUINO B = SUINO1B + SUINO2B + SUINO3B;

! POCÍLGA C;

@BIN (LOTESUINO1C) ; @BIN (LOTESUINO2C) ; @BIN (LOTESUINO3C) ;

[TOTAL\_LOTE\_SUINO\_C] LOTESUINO C = LOTESUINO1C + LOTESUINO2C + LOTESUINO3C;

[NUM\_SUINO1C] SUINO1C = 1235\*LOTESUINO1C;  
 [NUM\_SUINO2C] SUINO2C = 1235\*LOTESUINO2C;  
 [NUM\_SUINO3C] SUINO3C = 1235\*LOTESUINO3C;  
 [TOTAL\_NUM\_SUINO\_C] SUINO C = SUINO1C + SUINO2C + SUINO3C;

!Total anual;

[TOTAL\_LOTE\_SUINO] LOTESUINO = LOTESUINO A + LOTESUINO B + LOTESUINO C;  
 [TOTAL\_NUM\_SUINO] SUINO = SUINO A + SUINO B + SUINO C ;

! GANHO, LUCRO das pocilgas;

[VENDA\_SUINO1A] VENDASUINO1A = PSUINO A \* SUINO1A;  
 [VENDA\_SUINO2A] VENDASUINO2A = PSUINO A \* SUINO2A;  
 [VENDA\_SUINO3A] VENDASUINO3A = PSUINO A \* SUINO3A;  
 [VENDA\_SUINO1B] VENDASUINO1B = PSUINO B \* SUINO1B;  
 [VENDA\_SUINO2B] VENDASUINO2B = PSUINO B \* SUINO2B;  
 [VENDA\_SUINO3B] VENDASUINO3B = PSUINO B \* SUINO3B;  
 [VENDA\_SUINO1C] VENDASUINO1C = PSUINO C \* SUINO1C;  
 [VENDA\_SUINO2C] VENDASUINO2C = PSUINO C \* SUINO2C;  
 [VENDA\_SUINO3C] VENDASUINO3C = PSUINO C \* SUINO3C;

```
[VENDA_SUINO1] VENDASUINO1 = VENDASUINO1A + VENDASUINO1B + VENDASUINO1C;
[VENDA_SUINO2] VENDASUINO2 = VENDASUINO2A + VENDASUINO2B + VENDASUINO2C;
[VENDA_SUINO3] VENDASUINO3 = VENDASUINO3A + VENDASUINO3B + VENDASUINO3C;

[TOTAL_VENDA_SUINO] VENDASUINO = VENDASUINO1 + VENDASUINO2 +
VENDASUINO3;
```

```
! CUSTOS COM SUÍNOS;
```

```
! LUZ ;
```

```
[LUZ_POCILGA1A] LUZPOCILGA1A = PLUZPOCILGAA*LOTESUINO1A;
[LUZ_POCILGA2A] LUZPOCILGA2A = PLUZPOCILGAA*LOTESUINO2A;
[LUZ_POCILGA3A] LUZPOCILGA3A = PLUZPOCILGAA*LOTESUINO3A;
[LUZ_POCILGA1B] LUZPOCILGA1B = PLUZPOCILGAB*LOTESUINO1B;
[LUZ_POCILGA2B] LUZPOCILGA2B = PLUZPOCILGAB*LOTESUINO2B;
[LUZ_POCILGA3B] LUZPOCILGA3B = PLUZPOCILGAB*LOTESUINO3B;
[LUZ_POCILGA1C] LUZPOCILGA1C = PLUZPOCILGAC*LOTESUINO1C;
[LUZ_POCILGA2C] LUZPOCILGA2C = PLUZPOCILGAC*LOTESUINO2C;
[LUZ_POCILGA3C] LUZPOCILGA3C = PLUZPOCILGAC*LOTESUINO3C;
```

```
[LUZ_POCILGA1] LUZPOCILGA1 = LUZPOCILGA1A + LUZPOCILGA1B + LUZPOCILGA1C;
[LUZ_POCILGA2] LUZPOCILGA2 = LUZPOCILGA2A + LUZPOCILGA2B + LUZPOCILGA2C;
[LUZ_POCILGA3] LUZPOCILGA3 = LUZPOCILGA3A + LUZPOCILGA3B + LUZPOCILGA3C;
```

```
[TOTAL_LUZ_POCILGA] LUZPOCILGATOTAL = LUZPOCILGA1 + LUZPOCILGA2 +
LUZPOCILGA3;
```

```
! MÃO DE OBRA;
```

```
[MAODEOBRA_SUINO1] MAODEOBRASUINO1 = 0.15*VENDASUINO1;
[MAODEOBRA_SUINO2] MAODEOBRASUINO2 = 0.15*VENDASUINO2;
[MAODEOBRA_SUINO3] MAODEOBRASUINO3 = 0.15*VENDASUINO3;
[TOTAL_MAODEOBRA_SUINO] MAODEOBRASUINOTOTAL = MAODEOBRASUINO1 +
MAODEOBRASUINO2 + MAODEOBRASUINO3;
```

```
! MANUTENÇÃO;
```

```
[MANUTENCAO_SUINO1A] MANUTSUINO1A = 700*LOTESUINO1A;
[MANUTENCAO_SUINO2A] MANUTSUINO2A = 700*LOTESUINO2A;
[MANUTENCAO_SUINO3A] MANUTSUINO3A = 700*LOTESUINO3A;
[MANUTENCAO_SUINO1B] MANUTSUINO1B = 700*LOTESUINO1B;
[MANUTENCAO_SUINO2B] MANUTSUINO2B = 700*LOTESUINO2B;
[MANUTENCAO_SUINO3B] MANUTSUINO3B = 700*LOTESUINO3B;
[MANUTENCAO_SUINO1C] MANUTSUINO1C = 600*LOTESUINO1C;
[MANUTENCAO_SUINO2C] MANUTSUINO2C = 600*LOTESUINO2C;
[MANUTENCAO_SUINO3C] MANUTSUINO3C = 600*LOTESUINO3C;
```

```
[MANUTENCAO_SUINO1] MANUTSUINO1 = MANUTSUINO1A + MANUTSUINO1B +
MANUTSUINO1C;
```

```
[MANUTENCAO_SUINO2] MANUTSUINO2 = MANUTSUINO2A + MANUTSUINO2B +
MANUTSUINO2C;
```

```
[MANUTENCAO_SUINO3] MANUTSUINO3 = MANUTSUINO3A + MANUTSUINO3B +
MANUTSUINO3C;
```

```
[TOTAL_MANUTENCAO_SUINO] MANUTSUINOTOTAL = MANUTSUINO1 + MANUTSUINO2 +
MANUTSUINO3;
```

```
[CUSTO_TOTAL_SUINO_ANUAL] CUSTOSUINO = LUZPOCILGATOTAL +
MAODEOBRASUINOTOTAL + MANUTSUINOTOTAL;
```

```
! DEJETOS SUÍNOS;
```

```
[QUANT_DEJ_SUINO] DEJSUINO = 800*SUINO;
```

```
[N_LAGOA_SUINO] QNSUINO = NSLA*DEJSUINO;
```

```
[P_LAGOA_SUINO] QPSUINO = PSLA*DEJSUINO;
```

```
[N_SLA_SUINO] NSLA = 0.00065;
```

```
[P_SLA_SUINO] PSLA = 0.000243;
```

```
!AVES;
```

```
[P_AVEA] PAVEA = 0.98;
```

```
[P_AVEB] PAVEB = 0.98;
```

```
[P_AVEC] PAVEC = 0.98;
```

```
[P_AVED] PAVED = 1.06;
```

```
[P_AVEE] PAVEE = 1.06;
```

```
[P_LUZ_AVEA] PLUZAVIARIOA = 1665.00*2;
```

```
[P_LUZ_AVEB] PLUZAVIARIOB = 1665.00*2;
```

```
[P_LUZ_AVEC] PLUZAVIARIOC = 1665.00*2;
```

```
[P_LUZ_AVED] PLUZAVIARIOD = 1665.00*2;
```

```
[P_LUZ_AVEE] PLUZAVIARIOE = 1665.00*2;
```

```
! AVIÁRIO A;
```

```
@BIN (LOTEAVE1A) ;@BIN (LOTEAVE2A) ;@BIN (LOTEAVE3A) ;@BIN (LOTEAVE4A) ;@BIN (LOTEAVE5A) ;@BIN (LOTEAVE6A) ;
```

```
[TOTAL_LOTE_AVE_A] LOTEAVEA = LOTEAVE1A + LOTEAVE2A + LOTEAVE3A + LOTEAVE4A + LOTEAVE5A + LOTEAVE6A;
```

```
[NUM_AVE1A] AVE1A = 18466*LOTEAVE1A;
```

```
[NUM_AVE2A] AVE2A = 18466*LOTEAVE2A;
```

```
[NUM_AVE3A] AVE3A = 18466*LOTEAVE3A;
```

```
[NUM_AVE4A] AVE4A = 18466*LOTEAVE4A;
```

```
[NUM_AVE5A] AVE5A = 18466*LOTEAVE5A;
```

```
[NUM_AVE6A] AVE6A = 18466*LOTEAVE6A;
```

```
[TOTAL_NUM_AVE_A] AVEA = AVE1A + AVE2A + AVE3A + AVE4A + AVE5A + AVE6A;
```

```
! AVIÁRIO B;
```

```
@BIN (LOTEAVE1B) ;@BIN (LOTEAVE2B) ;@BIN (LOTEAVE3B) ;@BIN (LOTEAVE4B) ;@BIN (LOTEAVE5B) ;@BIN (LOTEAVE6B) ;
```

```
[TOTAL_LOTE_AVE_B] LOTEAVEB = LOTEAVE1B + LOTEAVE2B + LOTEAVE3B + LOTEAVE4B + LOTEAVE5B + LOTEAVE6B;
```

```
[NUM_AVE1B] AVE1B = 18466*LOTEAVE1B;
```

```
[NUM_AVE2B] AVE2B = 18466*LOTEAVE2B;
```

```
[NUM_AVE3B] AVE3B = 18466*LOTEAVE3B;
```

```
[NUM_AVE4B] AVE4B = 18466*LOTEAVE4B;
```

```
[NUM_AVE5B] AVE5B = 18466*LOTEAVE5B;
```

[NUM\_AVE6B] AVE6B = 18466\*LOTEAVE6B;  
 [TOTAL\_NUM\_AVE\_B] AVEB = AVE1B + AVE2B + AVE3B + AVE4B + AVE5B + AVE6B;

! AVIÁRIO C;

@BIN(LOTEAVE1C);@BIN(LOTEAVE2C);@BIN(LOTEAVE3C);@BIN(LOTEAVE4C);@BIN(LOTEAVE5C);@BIN(LOTEAVE6C);

[TOTAL\_LOTE\_AVE\_C] LOTEAVEC = LOTEAVE1C + LOTEAVE2C + LOTEAVE3C + LOTEAVE4C + LOTEAVE5C + LOTEAVE6C;

[NUM\_AVE1C] AVE1C = 18466\*LOTEAVE1C;  
 [NUM\_AVE2C] AVE2C = 18466\*LOTEAVE2C;  
 [NUM\_AVE3C] AVE3C = 18466\*LOTEAVE3C;  
 [NUM\_AVE4C] AVE4C = 18466\*LOTEAVE4C;  
 [NUM\_AVE5C] AVE5C = 18466\*LOTEAVE5C;  
 [NUM\_AVE6C] AVE6C = 18466\*LOTEAVE6C;  
 [TOTAL\_NUM\_AVE\_C] AVEC = AVE1C + AVE2C + AVE3C + AVE4C + AVE5C + AVE6C;

! AVIÁRIO D;

@BIN(LOTEAVE1D);@BIN(LOTEAVE2D);@BIN(LOTEAVE3D);@BIN(LOTEAVE4D);@BIN(LOTEAVE5D);@BIN(LOTEAVE6D);

[TOTAL\_LOTE\_AVE\_D] LOTEAVED = LOTEAVE1D + LOTEAVE2D + LOTEAVE3D + LOTEAVE4D + LOTEAVE5D + LOTEAVE6D;

[NUM\_AVE1D] AVE1D = 23260\*LOTEAVE1D;  
 [NUM\_AVE2D] AVE2D = 23260\*LOTEAVE2D;  
 [NUM\_AVE3D] AVE3D = 23260\*LOTEAVE3D;  
 [NUM\_AVE4D] AVE4D = 23260\*LOTEAVE4D;  
 [NUM\_AVE5D] AVE5D = 23260\*LOTEAVE5D;  
 [NUM\_AVE6D] AVE6D = 23260\*LOTEAVE6D;  
 [TOTAL\_NUM\_AVE\_D] AVED = AVE1D + AVE2D + AVE3D + AVE4D + AVE5D + AVE6D;

! AVIÁRIO E;

@BIN(LOTEAVE1E);@BIN(LOTEAVE2E);@BIN(LOTEAVE3E);@BIN(LOTEAVE4E);@BIN(LOTEAVE5E);@BIN(LOTEAVE6E);

[TOTAL\_LOTE\_AVE\_E] LOTEAVEE = LOTEAVE1E + LOTEAVE2E + LOTEAVE3E + LOTEAVE4E + LOTEAVE5E + LOTEAVE6E;

[NUM\_AVE1E] AVE1E = 23260\*LOTEAVE1E;  
 [NUM\_AVE2E] AVE2E = 23260\*LOTEAVE2E;  
 [NUM\_AVE3E] AVE3E = 23260\*LOTEAVE3E;  
 [NUM\_AVE4E] AVE4E = 23260\*LOTEAVE4E;  
 [NUM\_AVE5E] AVE5E = 23260\*LOTEAVE5E;  
 [NUM\_AVE6E] AVE6E = 23260\*LOTEAVE6E;  
 [TOTAL\_NUM\_AVE\_E] AVEE = AVE1E + AVE2E + AVE3E + AVE4E + AVE5E + AVE6E;

[TOTAL\_LOTE\_AVE] LOTEAVE = LOTEAVEA + LOTEAVEB + LOTEAVEC + LOTEAVED + LOTEAVEE;

[TOTAL\_NUM\_AVE] AVE = AVEA + AVEB + AVEC + AVED + AVEE;

! GANHO, LUCRO dos aviários;

[VENDA\_AVE1A] VENDAAVE1A = PAVEA\*AVE1A;

```

[VENDA_AVE2A] VENDAAVE2A = PAVEA*AVE2A;
[VENDA_AVE3A] VENDAAVE3A = PAVEA*AVE3A;
[VENDA_AVE4A] VENDAAVE4A = PAVEA*AVE4A;
[VENDA_AVE5A] VENDAAVE5A = PAVEA*AVE5A;
[VENDA_AVE6A] VENDAAVE6A = PAVEA*AVE6A;
[VENDA_AVE1B] VENDAAVE1B = PAVEB*AVE1B;
[VENDA_AVE2B] VENDAAVE2B = PAVEB*AVE2B;
[VENDA_AVE3B] VENDAAVE3B = PAVEB*AVE3B;
[VENDA_AVE4B] VENDAAVE4B = PAVEB*AVE4B;
[VENDA_AVE5B] VENDAAVE5B = PAVEB*AVE5B;
[VENDA_AVE6B] VENDAAVE6B = PAVEB*AVE6B;
[VENDA_AVE1C] VENDAAVE1C = PAVEC*AVE1C;
[VENDA_AVE2C] VENDAAVE2C = PAVEC*AVE2C;
[VENDA_AVE3C] VENDAAVE3C = PAVEC*AVE3C;
[VENDA_AVE4C] VENDAAVE4C = PAVEC*AVE4C;
[VENDA_AVE5C] VENDAAVE5C = PAVEC*AVE5C;
[VENDA_AVE6C] VENDAAVE6C = PAVEC*AVE6C;
[VENDA_AVE1D] VENDAAVE1D = PAVED*AVE1D;
[VENDA_AVE2D] VENDAAVE2D = PAVED*AVE2D;
[VENDA_AVE3D] VENDAAVE3D = PAVED*AVE3D;
[VENDA_AVE4D] VENDAAVE4D = PAVED*AVE4D;
[VENDA_AVE5D] VENDAAVE5D = PAVED*AVE5D;
[VENDA_AVE6D] VENDAAVE6D = PAVED*AVE6D;
[VENDA_AVE1E] VENDAAVE1E = PAVEE*AVE1E;
[VENDA_AVE2E] VENDAAVE2E = PAVEE*AVE2E;
[VENDA_AVE3E] VENDAAVE3E = PAVEE*AVE3E;
[VENDA_AVE4E] VENDAAVE4E = PAVEE*AVE4E;
[VENDA_AVE5E] VENDAAVE5E = PAVEE*AVE5E;
[VENDA_AVE6E] VENDAAVE6E = PAVEE*AVE6E;

```

```

[VENDA_AVE1] VENDAAVE1 = VENDAAVE1A + VENDAAVE1B + VENDAAVE1C + VENDAAVE1D
+ VENDAAVE1E;

```

```

[VENDA_AVE2] VENDAAVE2 = VENDAAVE2A + VENDAAVE2B + VENDAAVE2C + VENDAAVE2D
+ VENDAAVE2E;

```

```

[VENDA_AVE3] VENDAAVE3 = VENDAAVE3A + VENDAAVE3B + VENDAAVE3C + VENDAAVE3D
+ VENDAAVE3E;

```

```

[VENDA_AVE4] VENDAAVE4 = VENDAAVE4A + VENDAAVE4B + VENDAAVE4C + VENDAAVE4D
+ VENDAAVE4E;

```

```

[VENDA_AVE5] VENDAAVE5 = VENDAAVE5A + VENDAAVE5B + VENDAAVE5C + VENDAAVE5D
+ VENDAAVE5E;

```

```

[VENDA_AVE6] VENDAAVE6 = VENDAAVE6A + VENDAAVE6B + VENDAAVE6C + VENDAAVE6D
+ VENDAAVE6E;

```

```

[TOTAL_VENDA_AVE] VENDAAVE = VENDAAVE1 + VENDAAVE2 + VENDAAVE3 +
VENDAAVE4 + VENDAAVE5 + VENDAAVE6;

```

**!GASTOS COM AVIÁRIOS ;**

**!LUZ;**

```

[LUZ_AVIARIO1A] LUZAVIARIO1A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE1A;

```

```

[LUZ_AVIARIO2A] LUZAVIARIO2A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE2A;

```

```

[LUZ_AVIARIO3A] LUZAVIARIO3A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE3A;

```

```

[LUZ_AVIARIO4A] LUZAVIARIO4A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE4A;

```

```

[LUZ_AVIARIO5A] LUZAVIARIO5A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE5A;

```

```

[LUZ_AVIARIO6A] LUZAVIARIO6A = PLUZAVIARIOA*LOTEAVE6A;

```

```

[LUZ_AVIARIO1B] LUZAVIARIO1B = PLUZAVIARIOB*LOTEAVE1B;

```

```

[LUZ_AVIARIO2B] LUZAVIARIO2B = PLUZAVIARIOB*LOTEAVE2B;

```

```

[LUZ_AVIARIO3B] LUZAVIARIO3B = PLUZAVIARIOB*LOTEAVE3B;

```



[LUZ\_AVIARIO4B] LUZAVIARIO4B = PLUZAVIARIOB\*LOTEAVE4B;  
 [LUZ\_AVIARIO5B] LUZAVIARIO5B = PLUZAVIARIOB\*LOTEAVE5B;  
 [LUZ\_AVIARIO6B] LUZAVIARIO6B = PLUZAVIARIOB\*LOTEAVE6B;  
 [LUZ\_AVIARIO1C] LUZAVIARIO1C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE1C;  
 [LUZ\_AVIARIO2C] LUZAVIARIO2C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE2C;  
 [LUZ\_AVIARIO3C] LUZAVIARIO3C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE3C;  
 [LUZ\_AVIARIO4C] LUZAVIARIO4C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE4C;  
 [LUZ\_AVIARIO5C] LUZAVIARIO5C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE5C;  
 [LUZ\_AVIARIO6C] LUZAVIARIO6C = PLUZAVIARIOC\*LOTEAVE6C;  
 [LUZ\_AVIARIO1D] LUZAVIARIO1D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE1D;  
 [LUZ\_AVIARIO2D] LUZAVIARIO2D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE2D;  
 [LUZ\_AVIARIO3D] LUZAVIARIO3D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE3D;  
 [LUZ\_AVIARIO4D] LUZAVIARIO4D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE4D;  
 [LUZ\_AVIARIO5D] LUZAVIARIO5D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE5D;  
 [LUZ\_AVIARIO6D] LUZAVIARIO6D = PLUZAVIARIOD\*LOTEAVE6D;  
 [LUZ\_AVIARIO1E] LUZAVIARIO1E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE1E;  
 [LUZ\_AVIARIO2E] LUZAVIARIO2E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE2E;  
 [LUZ\_AVIARIO3E] LUZAVIARIO3E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE3E;  
 [LUZ\_AVIARIO4E] LUZAVIARIO4E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE4E;  
 [LUZ\_AVIARIO5E] LUZAVIARIO5E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE5E;  
 [LUZ\_AVIARIO6E] LUZAVIARIO6E = PLUZAVIARIOE\*LOTEAVE6E;

[LUZ\_AVIARIO1] LUZAVIARIO1 = LUZAVIARIO1A + LUZAVIARIO1B + LUZAVIARIO1C +  
 LUZAVIARIO1D + LUZAVIARIO1E;  
 [LUZ\_AVIARIO2] LUZAVIARIO2 = LUZAVIARIO2A + LUZAVIARIO2B + LUZAVIARIO2C +  
 LUZAVIARIO2D + LUZAVIARIO2E;  
 [LUZ\_AVIARIO3] LUZAVIARIO3 = LUZAVIARIO3A + LUZAVIARIO3B + LUZAVIARIO3C +  
 LUZAVIARIO3D + LUZAVIARIO3E;  
 [LUZ\_AVIARIO4] LUZAVIARIO4 = LUZAVIARIO4A + LUZAVIARIO4B + LUZAVIARIO4C +  
 LUZAVIARIO4D + LUZAVIARIO4E;  
 [LUZ\_AVIARIO5] LUZAVIARIO5 = LUZAVIARIO5A + LUZAVIARIO5B + LUZAVIARIO5C +  
 LUZAVIARIO5D + LUZAVIARIO5E;  
 [LUZ\_AVIARIO6] LUZAVIARIO6 = LUZAVIARIO6A + LUZAVIARIO6B + LUZAVIARIO6C +  
 LUZAVIARIO6D + LUZAVIARIO6E;

[TOTAL\_LUZ\_AVIARIO] LUZAVIARIOTOTAL = LUZAVIARIO1 + LUZAVIARIO2 +  
 LUZAVIARIO3 + LUZAVIARIO4 + LUZAVIARIO5 + LUZAVIARIO6;

**! MÃO DE OBRA;**

[MAODEOBRA\_AVE1] MAODEOBRAAVE1 = 0.17\*(VENDAAVE1A + VENDAAVE1B +  
 VENDAAVE1C) + 0.18\*(VENDAAVE1D + VENDAAVE1E);  
 [MAODEOBRA\_AVE2] MAODEOBRAAVE2 = 0.17\*(VENDAAVE2A + VENDAAVE2B +  
 VENDAAVE2C) + 0.18\*(VENDAAVE2D + VENDAAVE2E);  
 [MAODEOBRA\_AVE3] MAODEOBRAAVE3 = 0.17\*(VENDAAVE3A + VENDAAVE3B +  
 VENDAAVE3C) + 0.18\*(VENDAAVE3D + VENDAAVE3E);  
 [MAODEOBRA\_AVE4] MAODEOBRAAVE4 = 0.17\*(VENDAAVE4A + VENDAAVE4B +  
 VENDAAVE4C) + 0.18\*(VENDAAVE4D + VENDAAVE4E);  
 [MAODEOBRA\_AVE5] MAODEOBRAAVE5 = 0.17\*(VENDAAVE5A + VENDAAVE5B +  
 VENDAAVE5C) + 0.18\*(VENDAAVE5D + VENDAAVE5E);  
 [MAODEOBRA\_AVE6] MAODEOBRAAVE6 = 0.17\*(VENDAAVE6A + VENDAAVE6B +  
 VENDAAVE6C) + 0.18\*(VENDAAVE6D + VENDAAVE6E);

[TOTAL\_MAODEOBRA\_AVE] MAODEOBRAAVETOTAL = MAODEOBRAAVE1 + MAODEOBRAAVE2 +  
 MAODEOBRAAVE3 + MAODEOBRAAVE4 + MAODEOBRAAVE5 + MAODEOBRAAVE6;

**! MANUTENÇÃO;**

[MANUTENCAO\_AVE1] MANUTAVE1 = 1100\*(LOTEAVE1A + LOTEAVE1B + LOTEAVE1C) +  
 900\*(LOTEAVE1D + LOTEAVE1E);

```
[MANUTENCAO_AVE2] MANUTAVE2 = 1100*(LOTEAVE2A + LOTEAVE2B + LOTEAVE2C) +
900*(LOTEAVE2D + LOTEAVE2E);
[MANUTENCAO_AVE3] MANUTAVE3 = 1100*(LOTEAVE3A + LOTEAVE3B + LOTEAVE3C) +
900*(LOTEAVE3D + LOTEAVE3E);
[MANUTENCAO_AVE4] MANUTAVE4 = 1100*(LOTEAVE4A + LOTEAVE4B + LOTEAVE4C) +
900*(LOTEAVE4D + LOTEAVE4E);
[MANUTENCAO_AVE5] MANUTAVE5 = 1100*(LOTEAVE5A + LOTEAVE5B + LOTEAVE5C) +
900*(LOTEAVE5D + LOTEAVE5E);
[MANUTENCAO_AVE6] MANUTAVE6 = 1100*(LOTEAVE6A + LOTEAVE6B + LOTEAVE6C) +
900*(LOTEAVE6D + LOTEAVE6E);
```

```
[TOTAL_MANUTENCAO_AVE] MANUTAVETOTAL = MANUTAVE1 + MANUTAVE2 + MANUTAVE3 +
MANUTAVE4 + MANUTAVE5 + MANUTAVE6;
```

**! AQUECIMENTO;**

```
[LENHA_PALLET_AVE1] AQUECIMENTOAVE1 = 1600*(LOTEAVE1A + LOTEAVE1B +
LOTEAVE1C + LOTEAVE1D + LOTEAVE1E);
[LENHA_PALLET_AVE2] AQUECIMENTOAVE2 = 1600*(LOTEAVE2A + LOTEAVE2B +
LOTEAVE2C + LOTEAVE2D + LOTEAVE2E);
[LENHA_PALLET_AVE3] AQUECIMENTOAVE3 = 1600*(LOTEAVE3A + LOTEAVE3B +
LOTEAVE3C + LOTEAVE3D + LOTEAVE3E);
[LENHA_PALLET_AVE4] AQUECIMENTOAVE4 = 1600*(LOTEAVE4A + LOTEAVE4B +
LOTEAVE4C + LOTEAVE4D + LOTEAVE4E);
[LENHA_PALLET_AVE5] AQUECIMENTOAVE5 = 1600*(LOTEAVE5A + LOTEAVE5B +
LOTEAVE5C + LOTEAVE5D + LOTEAVE5E);
[LENHA_PALLET_AVE6] AQUECIMENTOAVE6 = 1600*(LOTEAVE6A + LOTEAVE6B +
LOTEAVE6C + LOTEAVE6D + LOTEAVE6E);
```

```
[TOTAL_LENHA_PALLET_AVE] AQUECIMENTOAVETOTAL = AQUECIMENTOAVE1 +
AQUECIMENTOAVE2 + AQUECIMENTOAVE3 + AQUECIMENTOAVE4 + AQUECIMENTOAVE5 +
AQUECIMENTOAVE6;
```

```
[CUSTO_AVE_TOTAL] CUSTOAVE = LUZAVIARIOTOTAL + MAODEOBRAAVETOTAL +
MANUTAVETOTAL + AQUECIMENTOAVETOTAL;
```

**!DEJETOS AVES;**

```
[QUANT_DEJ_AVE] DEJAVE = 0.9*AVE*0.7;
[VENDA_DEJ_AVE] VENDADEJAVE = 65*DEJAVEVENDA/1000;
```

```
[N_AVE] QNAVE = NAVEST*(DEJAVEVENDA + DEJAVELAV);
```

```
[P_AVE] QPAVE = PAVEST*(DEJAVEVENDA + DEJAVELAV);
```

```
[TOTAL_DEJ_AVE] DEJAVE = DEJAVEVENDA + DEJAVELAV;
```

```
[N_ST_AVE] NAVEST = 0.000541;
```

```
[P_ST_AVE] PAVEST = 0.000351;
```

**!LIGAÇÃO entre as quantidades de NITROGÊNIO e FÓSFORO produzidas pelas DUAS categorias;**

```
[NITROGENIO_MAX] QNSUINO + QNAVE = NMAX;
```

[FOSFORO\_MAX] QPSUINO + QPAVE = PMAX;

!BALANÇO OFERTA E DEMANDA DE NUTRIENTES;

[PLANTIU\_VERAO\_N] PRODSOJA\*NECESSOJAN\*SOJA + PRODMILHO1\*NECESMILHO1N\*MILHO1  
= NITROGENIO1;

[PLANTIU\_INVERNO\_N] PRODMILHO2\*NECESMILHO2N\*MILHO2 = NITROGENIO2;

[PLANTIU\_VERAO\_P] PRODSOJA\*NECESSOJAP\*SOJA + PRODMILHO1\*NECESMILHO1P\*MILHO1  
= FOSFORO1;

[PLANTIU\_INVERNO\_P] PRODMILHO2\*NECESMILHO2P\*MILHO2 = FOSFORO2;

[TOTAL\_N\_L] NITROGENIO1 + NITROGENIO2 <= NMAX + NCOMPRA;

[TOTAL\_P\_L] FOSFORO1 + FOSFORO2 <= PMAX + PCOMPRA;

CUSTON = 2.2\*NCOMPRA;

CUSTOP = 1.37\*PCOMPRA;

!COEFICIENTE DAS CULTURAS;

[PRODUCAO\_SOJA] PRODSOJA = 4212;

[N\_SOJA] NECESSOJAN = 0;

[P\_SOJA] NECESSOJAP = 0.012;

[PRODUCAO\_MILHO1] PRODMILHO1 = 9917;

[N\_MILHO1] NECESMILHO1N = 0.02184;

[P\_MILHO1] NECESMILHO1P = 0.00402;

[PRODUCAO\_MILHO2] PRODMILHO2 = 6942;

[N\_MILHO2] NECESMILHO2N = 0.01528;

[P\_MILHO2] NECESMILHO2P = 0.002812;

! GANHO E CUSTOS DAS CULTURAS;

[PRECO\_SOJA] PSOJA = 2.50;

[PRECO\_MILHO] PMILHO = 1.34;

[GANHO\_SOJA] GANHOSOJA = PSOJA\*PRODSOJA\*SOJA;

[GANHO\_MILHO1] GANHOMILHO1 = PMILHO\*PRODMILHO1\*MILHO1;

[GANHO\_MILHO2] GANHOMILHO2 = PMILHO\*PRODMILHO2\*MILHO2;

[CUSTO\_PLANTIO\_TERRA] CUSTOPLANTIOTERRA = 4690\*SAUAREND;

! SOJA;

[CUSTO\_SOJA\_SEMENTE] CUSTOSOJAS = 1020\*SOJA;

[CUSTO\_SOJA\_PLANTIO] CUSTOSOJAP = 300\*SOJA;

[CUSTO\_SOJA\_VENENO] CUSTOSOJAV = 1300\*SOJA;

[CUSTO\_SOJA\_COLHEITA] CUSTOSOJAC = 1785\*SOJA;

! MILHO VERÃO;

[CUSTO\_MILHO1\_SEMENTE] CUSTOMILHO1S = 621.21\*MILHO1;

```
[CUSTO_MILHO1_PLANTIO]  CUSTOMILHO1P = 144.62*MILHO1;
[CUSTO_MILHO1_VENENO]   CUSTOMILHO1V = 534.77*MILHO1;
[CUSTO_MILHO1_COLHEITA] CUSTOMILHO1C = 1033.00*MILHO1;
```

! MILHO SAFRINHA INVERNO ;

```
[CUSTO_MILHO2_SEMENTE]  CUSTOMILHO2S = 621.21*MILHO2;
[CUSTO_MILHO2_PLANTIO]  CUSTOMILHO2P = 144.62*MILHO2;
[CUSTO_MILHO2_VENENO]   CUSTOMILHO2V = 534.77*MILHO2;
[CUSTO_MILHO2_COLHEITA] CUSTOMILHO2C = 723.14*MILHO2;
```

! SAU = superficie de área útil;

```
[SAU_TOTAL_V] SAUV = SAUPROPRIA + SAUAREND;
[SAU_TOTAL_I] SAUI = SAUPROPRIA + SAUAREND;
```

```
[AREA_PROPRIA] SAUPROPRIA = 19.36;
```

```
[AREA_ARRENDADA_PLANTIO] SAUAREND >= 0;
```

```
[DISTRIBUICAO_TERRA_V] SOJA + MILHO1 <= SAUV;
[DISTRIBUICAO_TERRA_I] MILHO2 <= SAUI;
```

! RESTRIÇÕES;

```
[RENDIMENTO_ANUAL] (VENDAAVE1 - LUZAVIARIO1 - MAODEOBRAAVE1 - MANUTAVE1 -
AQUECIMENTOAVE1) + (VENDAAVE2 - LUZAVIARIO2 - MAODEOBRAAVE2 - MANUTAVE2 -
AQUECIMENTOAVE2) + (VENDAAVE3 - LUZAVIARIO3 - MAODEOBRAAVE3 - MANUTAVE3 -
AQUECIMENTOAVE3) + (VENDAAVE4 - LUZAVIARIO4 - MAODEOBRAAVE4 - MANUTAVE4 -
AQUECIMENTOAVE4) + (VENDAAVE5 - LUZAVIARIO5 - MAODEOBRAAVE5 - MANUTAVE5 -
AQUECIMENTOAVE5) + (VENDAAVE6 - LUZAVIARIO6 - MAODEOBRAAVE6 - MANUTAVE6 -
AQUECIMENTOAVE6) + VENDADEJAVE + (VENDASUINO1 - LUZPOCILGA1 - MANUTSUINO1 -
MAODEOBRASUINO1) + (VENDASUINO2 - LUZPOCILGA2 - MANUTSUINO2 -
MAODEOBRASUINO2) + (VENDASUINO3 - LUZPOCILGA3 - MANUTSUINO3 -
MAODEOBRASUINO3) + GANHOSOJA - CUSTOSOJAS - CUSTOSOJAP - CUSTOSOJAV -
CUSTOSOJAC - CUSTOPLANTIOTERRA + GANHOMILHO1 - CUSTOMILHO1S - CUSTOMILHO1P -
CUSTOMILHO1V - CUSTOMILHO1C + GANHOMILHO2 - CUSTOMILHO2S - CUSTOMILHO2P -
CUSTOMILHO2V - CUSTOMILHO2C = REA;
```

```
[REJAN] VENDAAVE1 - LUZAVIARIO1 - MAODEOBRAAVE1 - MANUTAVE1 -
AQUECIMENTOAVE1 + GANHOSOJA - (CUSTOSOJAV/5) - CUSTOSOJAC -
CUSTOPLANTIOTERRA >= REM;
```

```
[REFEV] GANHOMILHO1 - CUSTOMILHO1C - (CUSTOMILHO1V/3) - CUSTOMILHO2S -
CUSTOMILHO2P - (CUSTOMILHO2V/3) - (CUSTON + CUSTOP)/2 >= REM;
```

```
[REMAR] VENDAAVE2 - LUZAVIARIO2 - MAODEOBRAAVE2 - MANUTAVE2 -
AQUECIMENTOAVE2 >= REM;
```

```
[REABR] VENDASUINO1 - LUZPOCILGA1 - MANUTSUINO1 - MAODEOBRASUINO1 >= REM;
```

[REMAI] VENDAAVE3 - LUZAVIARIO3 - MAODEOBRAAVE3 - MANUTAVE3 -  
 AQUECIMENTOAVE3 -(CUSTOMILHO2V/3) >= REM;

[REJUL] VENDAAVE4 - LUZAVIARIO4 - MAODEOBRAAVE4 - MANUTAVE4 -  
 AQUECIMENTOAVE4 + GANHOMILHO2 -(CUSTOMILHO2V/3)- CUSTOMILHO2C >= REM;

[REAGO] VENDASUINO2 - LUZPOCILGA2 - MANUTSUINO2 - MAODEOBRASUINO2 >= REM;

[RESET] VENDAAVE5 - LUZAVIARIO5 - MAODEOBRAAVE5 - MANUTAVE5 -  
 AQUECIMENTOAVE5 - CUSTOSOJAS - CUSTOSOJAP - (CUSTOSOJAV/5) - CUSTOMILHO1S -  
 CUSTOMILHO1P -(CUSTOMILHO1V/3) -(CUSTON + CUSTOP)/2 >= REM;

[REOUT] VENDADEJAVE -(CUSTOSOJAV/5) >= REM;

[RENOV] VENDAAVE6 - LUZAVIARIO6 - MAODEOBRAAVE6 - MANUTAVE6 -  
 AQUECIMENTOAVE6 -(CUSTOSOJAV/5) >= REM;

[REDEZ] VENDASUINO3 - LUZPOCILGA3 - MANUTSUINO3 - MAODEOBRASUINO3 -  
 (CUSTOSOJAV/5) - (CUSTOMILHO1V/3) >= REM;

! RESULTADO ECONOMICO EM CADA MES;

[RREJAN] VENDAAVE1 - LUZAVIARIO1 - MAODEOBRAAVE1 - MANUTAVE1 -  
 AQUECIMENTOAVE1 + GANHOSOJA -(CUSTOSOJAV/5) - CUSTOSOJAC -  
 CUSTOPLANTIOTERRA = REM1;

[RREFEV] GANHOMILHO1 - CUSTOMILHO1C - (CUSTOMILHO1V/3) - CUSTOMILHO2S -  
 CUSTOMILHO2P - (CUSTOMILHO2V/3) -(CUSTON + CUSTOP)/2 = REM2;

[RREMAR] VENDAAVE2 - LUZAVIARIO2 - MAODEOBRAAVE2 - MANUTAVE2 -  
 AQUECIMENTOAVE2 = REM3;

[RREABR] VENDASUINO1 - LUZPOCILGA1 - MANUTSUINO1 - MAODEOBRASUINO1 = REM4;

[RREMAI] VENDAAVE3 - LUZAVIARIO3 - MAODEOBRAAVE3 - MANUTAVE3 -  
 AQUECIMENTOAVE3 -(CUSTOMILHO2V/3) = REM5;

[RREJUL] VENDAAVE4 - LUZAVIARIO4 - MAODEOBRAAVE4 - MANUTAVE4 -  
 AQUECIMENTOAVE4 + GANHOMILHO2 -(CUSTOMILHO2V/3)- CUSTOMILHO2C = REM7;

[RREAGO] VENDASUINO2 - LUZPOCILGA2 - MANUTSUINO2 - MAODEOBRASUINO2 = REM8;

[RRESET] VENDAAVE5 - LUZAVIARIO5 - MAODEOBRAAVE5 - MANUTAVE5 -  
 AQUECIMENTOAVE5 - CUSTOSOJAS - CUSTOSOJAP - (CUSTOSOJAV/5) - CUSTOMILHO1S -  
 CUSTOMILHO1P -(CUSTOMILHO1V/3) -(CUSTON + CUSTOP)/2 = REM9;

[RREOUT] VENDADEJAVE -(CUSTOSOJAV/5) = REM10;

[RRENOV] VENDAAVE6 - LUZAVIARIO6 - MAODEOBRAAVE6 - MANUTAVE6 -  
 AQUECIMENTOAVE6 -(CUSTOSOJAV/5) = REM11;

[REDEZ] VENDASUINO3 - LUZPOCILGA3 - MANUTSUINO3 - MAODEOBRASUINO3 -  
**(CUSTOSOJAV/5)** - (CUSTOMILHO1V/3) = REM12;

@FREE (REM1) ;@FREE (REM2) ;@FREE (REM3) ;@FREE (REM4) ;@FREE (REM5) ;@FREE (REM7) ;@FR  
EE (REM8) ;@FREE (REM9) ;@FREE (REM10) ;@FREE (REM11) ;@FREE (REM12) ;

**APÊNDICE C - Resultado do Modelo**

## RESULTADOS DO MEDELO MATEMÁTICO

Rows= 262 Vars= 292 No. integer vars= 39 ( all are linear)  
 Nonzeros= 963 Constraint nonz= 960( 679 are +- 1) Density=0.013  
 Smallest and largest elements in abs value= 0.243000E-03 23260.0  
 No. < : 4 No. =: 245 No. > : 12, Obj=MAX, GUBs <= 144  
 Single cols= 17

\*\* WARNING \*\* Problem is poorly scaled. The units  
 of the rows and variables should be changed so the  
 coefficients cover a much smaller range.

Optimal solution found at step: 346  
 Objective value: 1139824.  
 Branch count: 0

| Variable     | Value    | Reduced Cost |
|--------------|----------|--------------|
| REA          | 1139824. | 0.0000000    |
| PSUINOA      | 28.00000 | 0.0000000    |
| PSUINOB      | 28.00000 | 0.0000000    |
| PSUINOC      | 28.00000 | 0.0000000    |
| PLUZPOCILGAA | 2200.000 | 0.0000000    |
| PLUZPOCILGAB | 2200.000 | 0.0000000    |
| PLUZPOCILGAC | 4500.000 | 0.0000000    |
| LOTESUINO1A  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINO2A  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINO3A  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINOA   | 3.000000 | 0.0000000    |
| SUINO1A      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINO2A      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINO3A      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINOA       | 1635.000 | 0.0000000    |
| LOTESUINO1B  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINO2B  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINO3B  | 1.000000 | -12743.77    |
| LOTESUINOB   | 3.000000 | 0.0000000    |
| SUINO1B      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINO2B      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINO3B      | 545.0000 | 0.0000000    |
| SUINOB       | 1635.000 | 0.0000000    |
| LOTESUINO1C  | 1.000000 | -30349.64    |
| LOTESUINO2C  | 1.000000 | -30349.64    |
| LOTESUINO3C  | 1.000000 | -30349.64    |
| LOTESUINOC   | 3.000000 | 0.0000000    |
| SUINO1C      | 1235.000 | 0.0000000    |
| SUINO2C      | 1235.000 | 0.0000000    |
| SUINO3C      | 1235.000 | 0.0000000    |
| SUINOC       | 3705.000 | 0.0000000    |
| LOTESUINO    | 9.000000 | 0.0000000    |
| SUINO        | 6975.000 | 0.0000000    |
| VENDASUINO1A | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO2A | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO3A | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO1B | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO2B | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO3B | 15260.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO1C | 34580.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO2C | 34580.00 | 0.0000000    |
| VENDASUINO3C | 34580.00 | 0.0000000    |



|                     |               |           |
|---------------------|---------------|-----------|
| VENDASUINO1         | 65100.00      | 0.0000000 |
| VENDASUINO2         | 65100.00      | 0.0000000 |
| VENDASUINO3         | 65100.00      | 0.0000000 |
| VENDASUINO          | 195300.0      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA1A        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA2A        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA3A        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA1B        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA2B        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA3B        | 2200.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA1C        | 4500.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA2C        | 4500.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA3C        | 4500.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA1         | 8900.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA2         | 8900.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGA3         | 8900.000      | 0.0000000 |
| LUZPOCILGATOTAL     | 26700.00      | 0.0000000 |
| MAODEOBRASUINO1     | 9765.000      | 0.0000000 |
| MAODEOBRASUINO2     | 9765.000      | 0.0000000 |
| MAODEOBRASUINO3     | 9765.000      | 0.0000000 |
| MAODEOBRASUINOTOTAL | 29295.00      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO1A        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO2A        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO3A        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO1B        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO2B        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO3B        | 700.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO1C        | 600.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO2C        | 600.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO3C        | 600.0000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO1         | 2000.000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO2         | 2000.000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINO3         | 2000.000      | 0.0000000 |
| MANUTSUINOTOTAL     | 6000.000      | 0.0000000 |
| CUSTOSUINO          | 61995.00      | 0.0000000 |
| DEJSUINO            | 5580000.      | 0.0000000 |
| QNSUINO             | 3627.000      | 0.0000000 |
| NSLA                | 0.6500000E-03 | 0.0000000 |
| QPSUINO             | 1355.940      | 0.0000000 |
| PSLA                | 0.2430000E-03 | 0.0000000 |
| PAVEA               | 0.9800000     | 0.0000000 |
| PAVEB               | 0.9800000     | 0.0000000 |
| PAVEC               | 0.9800000     | 0.0000000 |
| PAVED               | 1.060000      | 0.0000000 |
| PAVEE               | 1.060000      | 0.0000000 |
| PLUZAVIARIOA        | 3330.000      | 0.0000000 |
| PLUZAVIARIOB        | 3330.000      | 0.0000000 |
| PLUZAVIARIOC        | 3330.000      | 0.0000000 |
| PLUZAVIARIOD        | 3330.000      | 0.0000000 |
| PLUZAVIARIOE        | 3330.000      | 0.0000000 |
| LOTEAVE1A           | 1.000000      | -17916.03 |
| LOTEAVE2A           | 1.000000      | -9814.028 |
| LOTEAVE3A           | 1.000000      | -9814.028 |
| LOTEAVE4A           | 1.000000      | -9814.028 |
| LOTEAVE5A           | 1.000000      | -72337.96 |
| LOTEAVE6A           | 1.000000      | -9814.028 |
| LOTEAVEA            | 6.000000      | 0.0000000 |
| AVE1A               | 18466.00      | 0.0000000 |

|           |          |           |
|-----------|----------|-----------|
| AVE2A     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE3A     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE4A     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE5A     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE6A     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVEA      | 110796.0 | 0.0000000 |
| LOTEAVE1B | 1.000000 | -17916.03 |
| LOTEAVE2B | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE3B | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE4B | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE5B | 1.000000 | -72337.96 |
| LOTEAVE6B | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVEB  | 6.000000 | 0.0000000 |
| AVE1B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE2B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE3B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE4B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE5B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE6B     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVEB      | 110796.0 | 0.0000000 |
| LOTEAVE1C | 1.000000 | -17916.03 |
| LOTEAVE2C | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE3C | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE4C | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVE5C | 1.000000 | -72337.96 |
| LOTEAVE6C | 1.000000 | -9814.028 |
| LOTEAVEC  | 6.000000 | 0.0000000 |
| AVE1C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE2C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE3C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE4C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE5C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVE6C     | 18466.00 | 0.0000000 |
| AVEC      | 110796.0 | 0.0000000 |
| LOTEAVE1D | 1.000000 | -28391.34 |
| LOTEAVE2D | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE3D | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE4D | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE5D | 1.000000 | -115485.8 |
| LOTEAVE6D | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVED  | 6.000000 | 0.0000000 |
| AVE1D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE2D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE3D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE4D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE5D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE6D     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVED      | 139560.0 | 0.0000000 |
| LOTEAVE1E | 1.000000 | -28391.34 |
| LOTEAVE2E | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE3E | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE4E | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVE5E | 1.000000 | -115485.8 |
| LOTEAVE6E | 1.000000 | -15425.24 |
| LOTEAVEE  | 6.000000 | 0.0000000 |
| AVE1E     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE2E     | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE3E     | 23260.00 | 0.0000000 |

|              |          |           |
|--------------|----------|-----------|
| AVE4E        | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE5E        | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVE6E        | 23260.00 | 0.0000000 |
| AVEE         | 139560.0 | 0.0000000 |
| LOTEAVE      | 30.00000 | 0.0000000 |
| AVE          | 611508.0 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6A  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6B  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6C  | 18096.68 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6D  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6E  | 24655.60 | 0.0000000 |
| VENDA AVE1   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE2   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE3   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE4   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE5   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE6   | 103601.2 | 0.0000000 |
| VENDA AVE    | 621607.4 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO1A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO2A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO3A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO4A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO5A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO6A | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO1B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO2B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO3B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO4B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO5B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO6B | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO1C | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO2C | 3330.000 | 0.0000000 |
| LUZAVIARIO3C | 3330.000 | 0.0000000 |

|                     |               |               |
|---------------------|---------------|---------------|
| LUZAVIARIO4C        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO5C        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO6C        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO1D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO2D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO3D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO4D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO5D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO6D        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO1E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO2E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO3E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO4E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO5E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO6E        | 3330.000      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO1         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO2         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO3         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO4         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO5         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIO6         | 16650.00      | 0.0000000     |
| LUZAVIARIOTOTAL     | 99900.00      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE1       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE2       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE3       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE4       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE5       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVE6       | 18105.32      | 0.0000000     |
| MAODEOBRAAVETOTAL   | 108631.9      | 0.0000000     |
| MANUTAVE1           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVE2           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVE3           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVE4           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVE5           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVE6           | 5100.000      | 0.0000000     |
| MANUTAVETOTAL       | 30600.00      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE1     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE2     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE3     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE4     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE5     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVE6     | 8000.000      | 0.0000000     |
| AQUECIMENTOAVETOTAL | 48000.00      | 0.0000000     |
| CUSTOAVE            | 287131.9      | 0.0000000     |
| DEJAVE              | 385250.0      | 0.0000000     |
| VENDADEJAVE         | 25041.25      | 0.0000000     |
| DEJAVEVENDA         | 385250.0      | 0.0000000     |
| QNAVE               | 208.4203      | 0.0000000     |
| NAVEST              | 0.5410000E-03 | 0.0000000     |
| DEJAVELAV           | 0.0000000     | 0.6500000E-01 |
| QPAVE               | 135.2228      | 0.0000000     |
| PAVEST              | 0.3510000E-03 | 0.0000000     |
| NMAX                | 3835.420      | 0.0000000     |
| PMAX                | 1491.163      | 0.0000000     |
| PRODSOJA            | 4212.000      | 0.0000000     |
| NECESSOJAN          | 0.0000000     | 0.0000000     |
| SOJA                | 6.761405      | 0.0000000     |

|                   |                  |            |
|-------------------|------------------|------------|
| PRODMILHO1        | 9917.000         | 0.0000000  |
| NECESMILHO1N      | 0.2184000E-01    | 0.0000000  |
| MILHO1            | 36.71724         | 0.0000000  |
| NITROGENIO1       | 7952.487         | 0.0000000  |
| PRODMILHO2        | 6942.000         | 0.0000000  |
| NECESMILHO2N      | 0.1528000E-01    | 0.0000000  |
| MILHO2            | 43.47864         | 0.0000000  |
| NITROGENIO2       | 4611.943         | 0.0000000  |
| NECESSOJAP        | 0.1200000E-01    | 0.0000000  |
| NECESMILHO1P      | 0.4020000E-02    | 0.0000000  |
| FOSFORO1          | 1805.530         | 0.0000000  |
| NECESMILHO2P      | 0.2812000E-02    | 0.0000000  |
| FOSFORO2          | 848.7424         | 0.0000000  |
| NCOMPRA           | 8729.010         | 0.0000000  |
| PCOMPRA           | 1163.110         | 0.0000000  |
| CUSTON            | 19203.82         | 0.0000000  |
| CUSTOP            | 1593.461         | 0.0000000  |
| PSOJA             | 2.500000         | 0.0000000  |
| PMILHO            | 1.340000         | 0.0000000  |
| GANHOSOJA         | 71197.59         | 0.0000000  |
| GANHOMILHO1       | 487927.3         | 0.0000000  |
| GANHOMILHO2       | 404450.5         | 0.0000000  |
| CUSTOPLANTIOTERRA | 113116.4         | 0.0000000  |
| SAUAREND          | 24.11864         | 0.0000000  |
| CUSTOSOJAS        | 6896.633         | 0.0000000  |
| CUSTOSOJAP        | 2028.421         | 0.0000000  |
| CUSTOSOJAV        | 8789.826         | 0.0000000  |
| CUSTOSOJAC        | 12069.11         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO1S      | 22809.12         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO1P      | 5310.047         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO1V      | 19635.28         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO1C      | 37928.91         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO2S      | 27009.37         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO2P      | 6287.882         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO2V      | 23251.07         | 0.0000000  |
| CUSTOMILHO2C      | 31441.15         | 0.0000000  |
| SAUV              | 43.47864         | 0.0000000  |
| SAUPROPRIA        | 19.36000         | 0.0000000  |
| SAUI              | 43.47864         | 0.0000000  |
| REM               | 0.0000000        | 7.855842   |
| REM1              | 0.0000000        | 0.0000000  |
| REM2              | 392007.1         | 0.0000000  |
| REM3              | 55745.92         | 0.0000000  |
| REM4              | 44435.00         | 0.0000000  |
| REM5              | 47995.56         | 0.0000000  |
| REM7              | 421004.9         | 0.0000000  |
| REM8              | 44435.00         | 0.0000000  |
| REM9              | 0.5456968E-11    | 0.0000000  |
| REM10             | 23283.29         | 0.0000000  |
| REM11             | 53987.95         | 0.0000000  |
| REM12             | 36131.94         | 0.0000000  |
| Row               | Slack or Surplus | Dual Price |
| 1                 | 1139824.         | 1.000000   |
| PRECO_SUINOA      | 0.0000000        | 1389.750   |
| PRECO_SUINOB      | 0.0000000        | 1389.750   |
| PRECO_SUINOC      | 0.0000000        | 3149.250   |
| PRECO_UZ_POCILGAA | 0.0000000        | -3.000000  |

|                      |           |           |
|----------------------|-----------|-----------|
| PRECO_ UZ_POCILGAB   | 0.0000000 | -3.000000 |
| PRECO_ UZ_POCILGAC   | 0.0000000 | -3.000000 |
| TOTAL_ OTE_SUINO_A   | 0.0000000 | 0.0000000 |
| NUM_SUINO1A          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO2A          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO3A          | 0.0000000 | 28.70416  |
| TOTA_ NUM_SUINO_A    | 0.0000000 | 4.904163  |
| TOTAL_ OTE_SUINO_B   | 0.0000000 | 0.0000000 |
| NUM_SUINO1B          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO2B          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO3B          | 0.0000000 | 28.70416  |
| TOTA_ NUM_SUINO_B    | 0.0000000 | 4.904163  |
| TOTAL_ OTE_SUINO_C   | 0.0000000 | 0.0000000 |
| NUM_SUINO1C          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO2C          | 0.0000000 | 28.70416  |
| NUM_SUINO3C          | 0.0000000 | 28.70416  |
| TOTA_ NUM_SUINO_C    | 0.0000000 | 4.904163  |
| TO AL_LOTE_SUINO     | 0.0000000 | 0.0000000 |
| OTAL_NUM_SUINO       | 0.0000000 | 4.904163  |
| VENDA_SUINO1A        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO2A        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO3A        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO1B        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO2B        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO3B        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO1C        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO2C        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO3C        | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO1         | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO2         | 0.0000000 | 0.8500000 |
| VENDA_SUINO3         | 0.0000000 | 0.8500000 |
| TOTA_VENDA_SUINO     | 0.0000000 | 0.0000000 |
| LUZ_POCILGA1A        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA2A        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA3A        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA1B        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA2B        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA3B        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA1C        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA2C        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA3C        | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA1         | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA2         | 0.0000000 | -1.000000 |
| LUZ_POCILGA3         | 0.0000000 | -1.000000 |
| TOTA_LUZ_POCILGA     | 0.0000000 | 0.0000000 |
| MA_DEOBRA_SUINO1     | 0.0000000 | -1.000000 |
| MA_DEOBRA_SUINO2     | 0.0000000 | -1.000000 |
| MA_DEOBRA_SUINO3     | 0.0000000 | -1.000000 |
| TOTAL_MAODEORA_SUINO | 0.0000000 | 0.0000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO1A   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO2A   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO3A   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO1B   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO2B   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO3B   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO1C   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO2C   | 0.0000000 | -1.000000 |
| MANUTE_CAO_SUINO3C   | 0.0000000 | -1.000000 |

|                        |           |               |
|------------------------|-----------|---------------|
| MANU ENCAO_SUINO1      | 0.0000000 | -1.000000     |
| MANU ENCAO_SUINO2      | 0.0000000 | -1.000000     |
| MANU ENCAO_SUINO3      | 0.0000000 | -1.000000     |
| TOTAL_MANUTENC_O_SUINO | 0.0000000 | 0.0000000     |
| CUSTO_TOTAL_SUIN_ANUAL | 0.0000000 | 0.0000000     |
| UANT_DEJ_SUINO         | 0.0000000 | 0.6130204E-02 |
| N_LAGOA_SUINO          | 0.0000000 | 7.650106      |
| P_LAGOA_SUINO          | 0.0000000 | 4.763929      |
| N_SLA_SUINO            | 0.0000000 | 0.4268759E+08 |
| P_SLA_SUINO            | 0.0000000 | 0.2658273E+08 |
| P_AVEA                 | 0.0000000 | 212365.4      |
| P_AVEB                 | 0.0000000 | 212365.4      |
| P_AVEC                 | 0.0000000 | 212365.4      |
| P_AVED                 | 0.0000000 | 264275.2      |
| P_AVEE                 | 0.0000000 | 264275.2      |
| P_LUZ_AVEA             | 0.0000000 | -13.85584     |
| P_LUZ_AVEB             | 0.0000000 | -13.85584     |
| P_LUZ_AVEC             | 0.0000000 | -13.85584     |
| P_LUZ_AVED             | 0.0000000 | -13.85584     |
| P_LUZ_AVEE             | 0.0000000 | -13.85584     |
| TO AL_LOTE_AVE_A       | 0.0000000 | 0.0000000     |
| NUM_AVE1A              | 0.0000000 | 1.591047      |
| NUM_AVE2A              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE3A              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE4A              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE5A              | 0.0000000 | 6.514916      |
| NUM_AVE6A              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| OTAL_NUM_AVE_A         | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| TO AL_LOTE_AVE_B       | 0.0000000 | 0.0000000     |
| NUM_AVE1B              | 0.0000000 | 1.591047      |
| NUM_AVE2B              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE3B              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE4B              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE5B              | 0.0000000 | 6.514916      |
| NUM_AVE6B              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| OTAL_NUM_AVE_B         | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| TO AL_LOTE_AVE_C       | 0.0000000 | 0.0000000     |
| NUM_AVE1C              | 0.0000000 | 1.591047      |
| NUM_AVE2C              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE3C              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE4C              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| NUM_AVE5C              | 0.0000000 | 6.514916      |
| NUM_AVE6C              | 0.0000000 | 0.8580108     |
| OTAL_NUM_AVE_C         | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| TO AL_LOTE_AVE_D       | 0.0000000 | 0.0000000     |
| NUM_AVE1D              | 0.0000000 | 1.697134      |
| NUM_AVE2D              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE3D              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE4D              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE5D              | 0.0000000 | 6.958786      |
| NUM_AVE6D              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| OTAL_NUM_AVE_D         | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| TO AL_LOTE_AVE_E       | 0.0000000 | 0.0000000     |
| NUM_AVE1E              | 0.0000000 | 1.697134      |
| NUM_AVE2E              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE3E              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE4E              | 0.0000000 | 0.9138108     |
| NUM_AVE5E              | 0.0000000 | 6.958786      |

|                |           |               |
|----------------|-----------|---------------|
| NUM_AVE6E      | 0.0000000 | 0.9138108     |
| OTAL_NUM_AVE_E | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| TOTAL_LOTE_AVE | 0.0000000 | 0.0000000     |
| TOTAL_NUM_AVE  | 0.0000000 | 0.4461083E-01 |
| VENDA_AVE1A    | 0.0000000 | 1.577996      |
| VENDA_AVE2A    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE3A    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE4A    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE5A    | 0.0000000 | 6.602353      |
| VENDA_AVE6A    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE1B    | 0.0000000 | 1.577996      |
| VENDA_AVE2B    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE3B    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE4B    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE5B    | 0.0000000 | 6.602353      |
| VENDA_AVE6B    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE1C    | 0.0000000 | 1.577996      |
| VENDA_AVE2C    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE3C    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE4C    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE5C    | 0.0000000 | 6.602353      |
| VENDA_AVE6C    | 0.0000000 | 0.8300000     |
| VENDA_AVE1D    | 0.0000000 | 1.558984      |
| VENDA_AVE2D    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE3D    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE4D    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE5D    | 0.0000000 | 6.522806      |
| VENDA_AVE6D    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE1E    | 0.0000000 | 1.558984      |
| VENDA_AVE2E    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE3E    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE4E    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE5E    | 0.0000000 | 6.522806      |
| VENDA_AVE6E    | 0.0000000 | 0.8200000     |
| VENDA_AVE1     | 0.0000000 | 1.901200      |
| VENDA_AVE2     | 0.0000000 | 1.000000      |
| VENDA_AVE3     | 0.0000000 | 1.000000      |
| VENDA_AVE4     | 0.0000000 | 1.000000      |
| VENDA_AVE5     | 0.0000000 | 7.954642      |
| VENDA_AVE6     | 0.0000000 | 1.000000      |
| OTAL_VENDA_AVE | 0.0000000 | 0.0000000     |
| LUZ_AVIARIO1A  | 0.0000000 | -1.901200     |
| LUZ_AVIARIO2A  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO3A  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO4A  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO5A  | 0.0000000 | -7.954642     |
| LUZ_AVIARIO6A  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO1B  | 0.0000000 | -1.901200     |
| LUZ_AVIARIO2B  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO3B  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO4B  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO5B  | 0.0000000 | -7.954642     |
| LUZ_AVIARIO6B  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO1C  | 0.0000000 | -1.901200     |
| LUZ_AVIARIO2C  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO3C  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO4C  | 0.0000000 | -1.000000     |
| LUZ_AVIARIO5C  | 0.0000000 | -7.954642     |



|                        |           |                |
|------------------------|-----------|----------------|
| LUZ_AVIARIO6C          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO1D          | 0.0000000 | -1.901200      |
| LUZ_AVIARIO2D          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO3D          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO4D          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO5D          | 0.0000000 | -7.954642      |
| LUZ_AVIARIO6D          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO1E          | 0.0000000 | -1.901200      |
| LUZ_AVIARIO2E          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO3E          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO4E          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO5E          | 0.0000000 | -7.954642      |
| LUZ_AVIARIO6E          | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO1           | 0.0000000 | -1.901200      |
| LUZ_AVIARIO2           | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO3           | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO4           | 0.0000000 | -1.000000      |
| LUZ_AVIARIO5           | 0.0000000 | -7.954642      |
| LUZ_AVIARIO6           | 0.0000000 | -1.000000      |
| TOTA_LUZ_AVIARIO       | 0.0000000 | 0.0000000      |
| MAODEOBRA_AVE1         | 0.0000000 | -1.901200      |
| MAODEOBRA_AVE2         | 0.0000000 | -1.000000      |
| MAODEOBRA_AVE3         | 0.0000000 | -1.000000      |
| MAODEOBRA_AVE4         | 0.0000000 | -1.000000      |
| MAODEOBRA_AVE5         | 0.0000000 | -7.954642      |
| MAODEOBRA_AVE6         | 0.0000000 | -1.000000      |
| TOTAL_MA_DEOBRA_AVE    | 0.0000000 | 0.0000000      |
| ANUTENCAO_AVE1         | 0.0000000 | -1.901200      |
| ANUTENCAO_AVE2         | 0.0000000 | -1.000000      |
| ANUTENCAO_AVE3         | 0.0000000 | -1.000000      |
| ANUTENCAO_AVE4         | 0.0000000 | -1.000000      |
| ANUTENCAO_AVE5         | 0.0000000 | -7.954642      |
| ANUTENCAO_AVE6         | 0.0000000 | -1.000000      |
| TOTAL_MANU_ENCAO_AVE   | 0.0000000 | 0.0000000      |
| LENH_PALLET_AVE1       | 0.0000000 | -1.901200      |
| LENH_PALLET_AVE2       | 0.0000000 | -1.000000      |
| LENH_PALLET_AVE3       | 0.0000000 | -1.000000      |
| LENH_PALLET_AVE4       | 0.0000000 | -1.000000      |
| LENH_PALLET_AVE5       | 0.0000000 | -7.954642      |
| LENH_PALLET_AVE6       | 0.0000000 | -1.000000      |
| TOTAL_LENHA_PA_LET_AVE | 0.0000000 | 0.0000000      |
| USTO_AVE_TOTAL         | 0.0000000 | 0.0000000      |
| QUANT_DEJ_AVE          | 0.0000000 | 0.7081085E-01  |
| VENDA_DEJ_AVE          | 0.0000000 | 1.000000       |
| N_AVE                  | 0.0000000 | 7.650106       |
| P_AVE                  | 0.0000000 | 4.763929       |
| TOTAL_DEJ_AVE          | 0.0000000 | -0.7081085E-01 |
| N_ST_AVE               | 0.0000000 | 2947204.       |
| P_ST_AVE               | 0.0000000 | 1835304.       |
| NITROGENIO_MAX         | 0.0000000 | -7.650106      |
| FOSFORO_MAX            | 0.0000000 | -4.763929      |
| LANTIU_VERAO_N         | 0.0000000 | 7.650106       |
| PLAN_IU_INVERNO_N      | 0.0000000 | 7.650106       |
| LANTIU_VERAO_P         | 0.0000000 | 4.763929       |
| PLAN_IU_INVERNO_P      | 0.0000000 | 4.763929       |
| TOTAL_N_L              | 0.0000000 | 7.650106       |
| TOTAL_P_L              | 0.0000000 | 4.763929       |
| 237                    | 0.0000000 | -3.477321      |

|                        |           |            |
|------------------------|-----------|------------|
| 238                    | 0.0000000 | -3.477321  |
| PRODUCAO_SOJA          | 0.0000000 | 31.75043   |
| N_SOJA                 | 0.0000000 | -217867.7  |
| P_SOJA                 | 0.0000000 | -135672.1  |
| RODUCAO_MILHO1         | 0.0000000 | 42.36327   |
| N_MILHO1               | 0.0000000 | -2785594.  |
| P_MILHO1               | 0.0000000 | -1734665.  |
| RODUCAO_MILHO2         | 0.0000000 | 52.59656   |
| N_MILHO2               | 0.0000000 | -2309022.  |
| P_MILHO2               | 0.0000000 | -1437891.  |
| PRECO_SOJA             | 0.0000000 | 54144.34   |
| PRECO_MILHO            | 0.0000000 | 665953.6   |
| GANHO_SOJA             | 0.0000000 | 1.901200   |
| GANHO_MILHO1           | 0.0000000 | 1.000000   |
| GANHO_MILHO2           | 0.0000000 | 1.000000   |
| CUSTO_PLANTIO_TERRA    | 0.0000000 | -1.901200  |
| CUSTO_OJA_SEMENTE      | 0.0000000 | -7.954642  |
| CUSTO_OJA_PLANTIO      | 0.0000000 | -7.954642  |
| CUST_SOJA_VENENO       | 0.0000000 | -2.571168  |
| CUSTO_SOLA_COLHEITA    | 0.0000000 | -1.901200  |
| CUSTO_MILH1_SEMENTE    | 0.0000000 | -7.954642  |
| CUSTO_MILH1_PLANTIO    | 0.0000000 | -7.954642  |
| CUSTO_MILHO1_VENENO    | 0.0000000 | -3.318214  |
| CUSTO_MILHO1_COLHEITA  | 0.0000000 | -1.000000  |
| CUSTO_MILH2_SEMENTE    | 0.0000000 | -1.000000  |
| CUSTO_MILH2_PLANTIO    | 0.0000000 | -1.000000  |
| CUSTO_MILHO2_VENENO    | 0.0000000 | -1.000000  |
| CUSTO_MILHO2_COLHEITA  | 0.0000000 | -1.000000  |
| SAU_TOTAL_V            | 0.0000000 | 2542.559   |
| SAU_TOTAL_I            | 0.0000000 | 6374.068   |
| AREA_PROPRIA           | 0.0000000 | 8894.336   |
| AREA_ARRENDADA_PLANTIO | 24.11864  | 0.0000000  |
| DISTRIBUICAO_TERRA_V   | 0.0000000 | 2542.559   |
| DISTRIBUICAO_TERRA_I   | 0.0000000 | 6374.068   |
| RENDIMENTO_ANUAL       | 0.0000000 | -1.000000  |
| REJAN                  | 0.0000000 | -0.9011999 |
| REFEV                  | 392007.1  | 0.0000000  |
| REMAR                  | 55745.92  | 0.0000000  |
| REABR                  | 44435.00  | 0.0000000  |
| REMAI                  | 47995.56  | 0.0000000  |
| REJUL                  | 421004.9  | 0.0000000  |
| REAGO                  | 44435.00  | 0.0000000  |
| RESET                  | 0.0000000 | -6.954642  |
| REOUT                  | 23283.29  | 0.0000000  |
| RENOV                  | 53987.95  | 0.0000000  |
| REDEZ                  | 36131.94  | 0.0000000  |
| RREJAN                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREFEV                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREMAR                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREABR                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREMAI                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREJUL                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREAGO                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RRESET                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREOUT                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RRENOV                 | 0.0000000 | 0.0000000  |
| RREDEZ                 | 0.0000000 | 0.0000000  |