

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANDRÉ INÁCIO MELGES

**MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E  
SUA SUSTENTABILIDADE EM RELAÇÃO AOS EFLUENTES GERADOS EM  
UMA UNIDADE ADJACENTE AO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU**

Medianeira

2017

ANDRÉ INÁCIO MELGES

**MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E  
SUA SUSTENTABILIDADE EM RELAÇÃO AOS EFLUENTES GERADOS EM  
UMA UNIDADE ADJACENTE AO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Dr. André Sandmann  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Lucia Antunes Lima

Medianeira

2017



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **MODELAGEM MATEMÁTICA APLICADA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E SUA SUSTENTABILIDADE EM RELAÇÃO AOS EFLUENTES GERADOS EM UMA UNIDADE ADJACENTE AO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU.**

por

André Inácio Melges

Este TCC foi apresentado em 12 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Dr. André Sandmann  
Prof. Orientador

---

Dra. Carla Adriana Pizarro Schmidt  
Membro titular

---

Dr. José Airton Azevedo dos Santos  
Membro titular

---

Me. Vanessa Hlenka  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora de Aparecida por ter dado saúde, força, fé e esperança para realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Orientador André Sandmann, braço amigo de todas as etapas deste trabalho, não medindo esforços para me ajudar.

A minha família, em especial meus pais Milton Ferreira Melges, Valéria Antoniassi Melges e minha irmã Thamires Melges pela confiança depositada e motivação, não medindo esforços para me ajudar em tudo o que precisei no decorrer da minha graduação.

Aos amigos, em especial, Gustavo José Bernardes dos Santos, Lucas Gon, Gyovani de Souza Correia, Edire Laila e Taís Tellini, pela força e vibração nesta jornada.

Aos professores, em especial Vera Lucia Antunes Lima, Carla Adriana Pizarro Schmidt e Neron Alípio Cortes Berghauser, exemplo de profissionais, que ficarão eternamente marcados em minha memória.

Aos profissionais entrevistados, Arlindo Schmoeller e Maria Zélia Schmoeller, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

## RESUMO

MELGES, André Inácio. **Modelagem Matemática Aplicada a Produção Agropecuária em uma Unidade Adjacente ao Parque Nacional do Iguaçu**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 63p.

A região oeste paranaense contempla duas grandes reservas naturais fundamentais a sobrevivência humana, o Aquífero Guarani e o Parque Nacional do Iguaçu. Levando-se em consideração sua preservação, bem como, do ambiente que se relacionam, tem-se na Modelagem Matemática de Sistemas Agrários a possibilidade de criação de novos roteiros de produção que visem além da permanência do homem no campo, com condições adequadas de sobrevivência, o uso dos rejeitos da pecuária na propriedade em que são gerados. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, buscou-se elencar dados bibliográficos no que tangem a produção, insumos e demais fatores relacionados as atividades desenvolvidas na unidade que se pretendeu intervir, junto a isso foram desenvolvidas entrevistas visando a obtenção de dados zootécnicos, financeiros e os relacionados a mão de obra do sistema e na sequência elaborou-se um modelo representativo dessa propriedade, que foi validado junto à literatura e ao sistema atual do produtor. Pode-se observar que o modelo que maximiza o resultado econômico anual, para um produtor estabilizado financeiramente, pode gerar renda maior do que em relação ao modelo que maximiza o resultado econômico mensal. Verificou-se, ainda, que a unidade produtora analisada pode gerar maiores resultados ao se diversificar a produção de proteína vegetal, em conjunto com a estabilização do rebanho leiteiro.

**Palavras-chave:** Bovinocultura Leiteira; Legislação Ambiental; Otimização.

## **ABSTRACT**

MELGES, André Inácio. **Mathematical Modeling Applied to Agricultural Production in a Unit Adjacent to the Iguassu National Park.** 2017. Monograph (Bachelor in Production Engineering) - Federal Technological University of Paraná. 63p.

The western region of Paraná contemplates two great natural reserves fundamental to human survival, the Guarani Aquifer and the Iguassu National Park. Taking into account their preservation, as well as the environment they relate to, the Mathematical Modeling of Agrarian Systems has the possibility of creating new production routes that aim beyond the permanence of man in the field, with adequate conditions of survival, the use of livestock rejects in the property in which they are generated. For the development of this research, it was sought to list bibliographic data in what touches the production, inputs and other factors related to the activities developed in the unit that was intended to intervene, along with this, interviews were developed in order to obtain zoo technical, financial and labor-related data from the system and a representative model of this property was elaborated, which was validated together with the literature and the current system of the producer. It can be observed that the model that maximizes the annual economic result for a financially stabilized producer can generate higher income than in relation to the model that maximizes the monthly economic result. It was also verified that the productive unit analyzed can generate greater results when it is diversified to the vegetal protein production, together with the stabilization of the dairy herd.

**KEYWORDS:** Dairy Cattle; Environmental Legislation; Optimization;.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Tabela 01.</b> Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades .....	14
<b>Tabela 02.</b> Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho .....	15
<b>Tabela 03.</b> Quantidade absorvida e concentração de nutrientes na cultura da soja. 17	
<b>Tabela 04.</b> Teores médios de nutrientes e coeficientes de variação (CVs): N, P, Cu, Zn, Ca, Mg, K e Matéria orgânica (MO) oriundos da bovinocultura.....	18
<b>Tabela 05.</b> Energia Metabolizável presente em Alimentos disponíveis ao rebanho leiteiro.....	6
<b>Tabela 06.</b> Proteína Bruta Presente em Alimentos Disponíveis ao Rebanho Leiteiro. ....	27
<b>Tabela 07.</b> Valores Financeiros Agregados ao Rebanho Leiteiro .....	28
<b>Tabela 08.</b> SAU e mão-de-obra disponíveis na UPA. ....	28
<b>Tabela 09.</b> Necessidade das culturas por hectare cultivado em relação aos nutrientes N e P .....	29
<b>Tabela 10.</b> Rendimento das culturas na UPA piloto .....	30
<b>Tabela 11.</b> Valor monetário agregado às atividades desenvolvidas na UPA piloto...30	
<b>Tabela 12.</b> Teores médios de nutrientes e coeficientes de variação (CVs): N, P, Cu, Zn, Ca, Mg, K e Matéria orgânica (MO) oriundos da bovinocultura.....	52
<b>Tabela13.</b> Resultados da otimização do modelo (REM e REA) e da situação atual (observada) .....	56
<b>Tabela14.</b> Quantidades de N e P requeridos pelas culturas e produzidos na UPA para as 2 simulações e situação atual.....	58
<b>Figura 01.</b> Fluxograma do Modelo desenvolvido para a UPA .....	19
<b>Figura 02.</b> Simulações sobre os resultados econômicos mensais .....	56
<b>Figura 03.</b> Distribuição da SAU nas simulações .....	57

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2 REVISAO DE LITERATURA</b> .....	<b>9</b>
2.1 A PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA NA FORMULAÇÃO DE MODELOS DE PRODUÇÃO.....	9
2.2 UNIDADE DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA VISTA COMO UMA INDÚSTRIA .....	11
2.3 FUNDAMENTOS DA PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA .....	12
2.4 PRODUÇÃO DE PROTEÍNA VEGETAL .....	12
2.4.1 Demanda de Nitrogênio para Soja e Milho .....	13
2.4.2 Demanda de Fósforo para as culturas de Soja e Milho .....	15
2.5 PRODUÇÃO LEITEIRA E SEUS COEFICIENTES ZOOTÉCNICOS .....	17
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO .....	20
<b>3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO BASE ELABORADO PARA ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE LEITE EM UMA UPA</b> .....	<b>21</b>
<b>4 FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO</b> .....	<b>22</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>51</b>
5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS RESÍDUOS NA UPA.....	51
5.2 COERÊNCIA DO MO9DELO COM A SITUAÇÃO ATUAL.....	53
5.3 APRESENTAÇÃO DAS SIMULAÇÕES.....	53
5.3.1 Sistema de Produção Proposto nas Simulações .....	54
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>
ANEXO .....	63



## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional traz consigo um aumento na demanda no que tange a produção de alimentos, o que possibilita a verificação da necessidade de abastecimento dos centros urbanos, ensejando-se assim para uma produção em longa escala no mercado e originou-se o aperfeiçoamento do agronegócio. Pensando no aumento desta produção e otimização dos impactos ambientais causados por ela, pretende-se desenvolver um modelo matemático de modo a minimizar os impactos ambientais e maximizar a produção agropecuária.

A busca pela produção em longa escala industrial no campo, motivou, no Brasil, o aprimoramento do agronegócio, por outro lado, tem promovido uma considerável geração de dejetos que podem levar a sérios danos ao meio ambiente, podendo afetar a qualidade de vida da população. Nesse sentido, destaca-se como eixo norteador da sustentabilidade rural um equilíbrio na relação da geração e o aproveitamento de resíduos pela própria unidade de produção agropecuária.

A tomada de decisões é de grande valia nos locais de trabalho e na sociedade contemporânea. É um ato de todos e está a ocorrer o tempo todo, sendo as vezes tão normal que não há a percepção da mesma. A simples escolha acerca do plantio de soja ou de milho envolve um processo de tomada de decisão para escolha de um dos produtos.

No Brasil, a produção de proteína animal e vegetal vem sendo realizada com margens de lucro frequentemente reduzidas e restritas pela prática e concorrência acirrada no setor, que tem encontrado problemas para cobrir os custos de investimento e intervenção do tratamento dos detritos de atividades relacionadas a pecuária. Sendo assim, a sustentabilidade do rebanho é afetada e pode ocorrer sua inviabilização pelo não observação às normas de prevenção ambiental.

A escolha da concretização dessa pesquisa na região da tríplice fronteira (Brasil, Argentina e Paraguai) motivou-se pela obrigação de amparo a um ambiente de preciosas riquezas naturais como solos fecundos, que são a base de um abastado complexo agropecuário e agroindustrial, pelo 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.

Objetivou-se nesse trabalho propor uma estratégia de aplicação de programação matemática à modelagem de sistemas de produção agropecuária concebida dentro de um processo de formulações de modelos manipuláveis, em relação a uma estratégia, na qual, se privilegia a formulação de modelos representativos de uma unidade de produção agropecuária, precisamente voltada a produção leiteira e de grãos. Para tal fim, desenvolveu-se um modelo voltado à programação linear, elaborado no software LINGO 4.0, ferramenta esta que oportuniza a otimização da empresa 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 vigente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesse tópico, objetiva-se elencar autores que embasem o entendimento do tema proposto, bem como respaldar os resultados encontrados no desenvolvimento do modelo e de suas simulações, os quais visam melhorias no sistema de produção.

### 2.1 A PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA NA FORMULAÇÃO DE MODELOS DE PRODUÇÃO

As formas como as atividades agropecuárias se desenvolvem e se combinam em uma unidade de produção apresentam muitas relações não lineares, como por exemplo, as relações entre plantas e animais (especialmente quando se trata do uso de pastagens) e o efeito de certas operações agrícolas sobre o rendimento das culturas. Tal tipo de relações deve, portanto, ser representado por aproximações, devendo sua expressão na forma não linear ser evitada ao máximo para assegurar a obtenção de soluções satisfatórias (SANDMANN, 2013).

Segundo Silva Neto e Oliveira (2007), para que os resultados fornecidos por um modelo de programação matemática possam ser interpretados é necessário que a sua formulação tenha sido consistente com este propósito. Ao formular-se um modelo de programação matemática de um sistema de produção agropecuária, é preciso considerar que este se constitui em uma representação estática de uma realidade dinâmica e evolutiva. Assim, os coeficientes técnicos e econômicos utilizados no modelo devem representar os fluxos característicos da dinâmica da unidade de produção que pretende-se analisar, e não estados particulares, característicos de um ponto específico da sua trajetória.

Para Sandmann e Barros (2010), isso nos impede, por exemplo, de utilizar-se diretamente dados provenientes de acompanhamentos técnicos, econômicos ou contábeis, relativos a anos específicos, para a estimativa dos coeficientes técnicos, na medida em que, a elaboração de um modelo de sistema de produção por meio da programação matemática não pode representar uma situação específica da unidade

de produção, mas sim uma situação típica, característica de um certo padrão em torno do qual os estados específicos observados a cada ano representam variações.

Por exemplo, é pouco provável que se possa observar uma unidade de produção em que as categorias de animais que compõe um rebanho bovino (terneiros, novilhas, vacas em lactação, vacas "secas", etc.) apresentem, ao longo do tempo, um número estável de cabeças, ou seja, que ao longo dos anos, por exemplo, o número de vacas em lactação seja o mesmo. Isto resulta em variações consideráveis do resultado econômico proporcionado pela atividade leiteira, por exemplo, os quais não podem ser imputados estritamente às características técnicas da mesma (SANDMANN; BARROS, 2010).

Outro aspecto importante da modelagem de sistemas de produção por meio da programação matemática diz respeito à agregação dos coeficientes. Os valores de um coeficiente são mais estáveis quanto menor for o seu grau de agregação. Por exemplo, um coeficiente que expressa o valor do rendimento físico de uma cultura pode ser obtido a partir de vários outros que expressam, por exemplo, as condições de fertilidade do solo, a insolação incidente sobre as plantas e a umidade do solo (supondo-se que as relações entre estes fatores na determinação do rendimento possam ser adequadamente formuladas). Assim, a variabilidade do rendimento de uma cultura é a expressão da variabilidade de cada um dos seus componentes (fertilidade, insolação, umidade, etc.) (SILVA NETO; OLIVEIRA, 2007).

A consideração dos componentes do rendimento no lugar de valores médios de rendimento traz muito mais informações sobre as condições em que um determinado resultado econômico pode ser obtido. Porém, em uma unidade de produção, parece haver um limite de agregação dos coeficientes técnicos que descrevem suas atividades, abaixo do qual, o que se poderia ganhar em precisão pelo isolamento de relações é menor do que o que se perde pela diminuição da precisão das medidas e, muitas vezes, pela incerteza gerada pela falta de um conhecimento adequado à formalização das relações entre os coeficientes desagregados. Assim, é muito mais fácil medir o rendimento físico de uma cultura do que medir o nível de adubação e os graus de insolação e de umidade responsáveis por tal rendimento, assim como, elaborar submodelos adequados para formular as relações entre estes coeficientes (LACHTERMACHER, 2009).

Neste sentido, Sandmann, Macucule e Hellmann (2015) ressaltam que, a programação matemática parece pouco propícia para analisar questões específicas

à determinadas culturas ou criações, especialmente aquelas relacionadas a composição dos rendimentos físicos, sendo, melhor adaptada para analisar questões que se colocam ao nível do sistema de produção propriamente dito (combinação de atividades, padrão tecnológico, consideração da incerteza, etc.), as quais podem ser estudadas a partir de coeficientes agregados a níveis relativamente altos, em geral semelhantes aos utilizados para se observar as atividades em condições de campo, por meio de entrevistas junto aos agricultores. Evidentemente que, neste caso, as incertezas geradas pela variabilidade dos coeficientes técnicos não podem ser negligenciadas na interpretação dos resultados.

## 2.2 UNIDADE DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA VISTA COMO UMA INDÚSTRIA

Uma unidade de produção agropecuária pode ser interpretada como um conjunto de recursos mobilizados para a obtenção de um resultado econômico por meio do desenvolvimento de atividades agropecuárias. Tais atividades, além de competir, em menor ou maior grau, por recursos, podem ser complementares ou suplementares entre si. A ênfase na consideração das limitações de recursos e na definição precisa das diversas relações que as atividades de uma unidade de produção mantêm entre si é o que caracteriza a noção de sistema de produção (SANDMANN, 2013).

Uma das noções relacionadas à aplicação de ferramentas matemáticas na abordagem sistêmica de unidades de produção agropecuária que muitas vezes gera problemas é a noção de "atividade". Como se sabe, de maneira geral a Matemática não lida diretamente com "conteúdos", mas apenas com quantidades e símbolos (normalmente usados quando não sabe-se, ou não quer-se, atribuir uma quantidade definida a uma variável). Assim é comum que, em uma unidade de produção especializada na cultura da soja, possuir várias atividades "cultura da soja", segundo a época de plantio, variedade, a quantidade de insumos, enfim, tudo o que pode ocasionar um resultado econômico distinto de outras atividades "cultura da soja".

## 2.3 FUNDAMENTOS DA PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

Durante a Segunda Grande Guerra Mundial, o governo norte-americano, por meio da *RAND Corporation*, demandou um conjunto de pesquisadores para desenvolverem métodos matemáticos para a solução de problemas de logística militar. Um dos primeiros métodos a ser desenvolvidos foi a programação linear, cuja utilidade para aplicações "civis" logo ficou evidente (ANDRADE, 2000).

Basicamente, a programação linear (PL) consiste em um método para a solução de problemas estáticos e lineares de otimização sob restrições. Em outras palavras, sempre que for possível formular um problema como um conjunto de variáveis cujos valores se deseje maximizar (ou minimizar) relacionadas a um outro conjunto de recursos disponíveis, por meio de expressões matemáticas lineares, pode-se obter a sua solução pela PL (LACHTERMACHER, 2009).

No caso de uma unidade de produção, por exemplo, pode-se considerar a possibilidade de maximizar a soma de uma medida linear do resultado econômico (margem bruta, por exemplo) de diferentes atividades sujeitas a restrições de área, mão-de-obra e equipamentos. Enfim, é importante salientar que a programação matemática (PM) é um instrumento de análise tipicamente de médio e longo prazo da unidade de produção, devendo ser utilizada mais para o seu planejamento estratégico do que para a sua gestão cotidiana. Isto porque restrições como as de rotação de culturas, e variáveis como a dimensão de um rebanho leiteiro ou as relacionadas à definição de sistemas forrageiros não podem ser adequadamente analisadas pensando-se apenas no curto prazo (SILVA NETO; OLIVEIRA, 2009).

## 2.4 PRODUÇÃO DE PROTEÍNA VEGETAL

No Brasil, as previsões de produção de milho indicam que em 2018/2019 a produção deverá situar-se em 73,25 milhões de toneladas e um consumo de 52,49 milhões, cujos resultados indicam que o país deverá fazer ajustes no seu quadro de fornecimento para garantir o provimento do mercado interno e obter algum

excedente para exportação considerada em 22,91 milhões de toneladas em 2018/19 (MAPA/AGE, 2009).

No oeste do Paraná verifica-se a ocorrência de solos férteis e de consideráveis ganhos no que tange a agricultura, de acordo com órgãos como a EMATER e a EMBRAPA (2009), o que não tira a obrigação de algumas correções alusivas à fertilidade e à agregação de insumos; o que se observa na prática agrícola desta região são os cultivos acentuados de soja, milho e aveia sendo que, muitas vezes, não é analisada a quantidade adequada de nutrientes necessários ao solo.

#### 2.4.1 Demanda de Nitrogênio para Soja e Milho

Nesse tópico evidencia-se a necessidade ideal de nitrogênio para as culturas de soja e milho pelo fato de serem primordiais ao desenvolvimento das plantas, desde sua germinação, porém tem-se a demanda de outros nutrientes que corroboram à absorção desse mineral pelas culturas analisadas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004).

A adubação nitrogenada para a soja não é recomendada, pois as necessidades de nitrogênio (N) da planta são supridas pelo N do solo e pela simbiose com o rizóbio característico aplicado por meio da inoculação das sementes ou presente no solo. A utilização de nitrogênio na adubação aumenta os custos, inibe a retenção simbiótica desse mineral e não aumenta o rendimento desta cultura.

Ao se tratar da adubação nitrogenada para o milho, recomenda-se 40 kg e 120 kg/ha divididos em semeadura e cobertura. Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas; para uma produtividade de 9 t de grãos/ha são extraídos: 2,1 kg de ferro, 0,34 kg de manganês, 0,4 kg de zinco, 0,17 kg de boro, 0,11 kg de cobre e 0,009 kg de molibdênio; entretanto, a deficiência de um deles pode ter efeito tanto na desordem de processos metabólicos e redução na produtividade como na deficiência de um macronutriente como, por exemplo, o nitrogênio.

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 01.

**Tabela 1.** Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem, em diferentes níveis de produtividades

Tipos de exploração	Produtividade (t/ha)	Nutrientes extraídos <sup>1</sup> (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 e FRANÇA (1995)

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 %). Isto 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 1). Assim, problemas de fertilidade do solo se manifestarão mais cedo na produção de silagem do que na produção de grãos (COELHO et al, 2006).

A cultura do milho desloca grandes quantidades de nitrogênio e frequentemente promove o uso de adubação nitrogenada em cobertura para completar a quantidade suprida pelo solo quando se almejam produtividades superiores. Decorrências de tentativas conduzidas no Brasil em diferentes categorias de solo, clima e sistemas de cultivo, despontam resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada; em geral, 70 a 90 % dos experimentos de adubação com milho efetivados em campo, no Brasil, proporcionaram respostas à aplicação de nitrogênio (COELHO; FRANÇA, 1995).

As indicações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são evidenciadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade desejada. A sugestão da adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro varia, em geral, de 40 a 80 kg de N/ha; em agricultura irrigada, na



qual evidencia-se o uso de alta tecnologia, para que obtenção de elevada produção, essa indicação seria insuficiente. Ao tratar-se dessas condições, dosagens de nitrogênio variando de 100 a 150 kg/ha podem ser imprescindíveis para obtenção de melhores índices na produtividade (Tabela 01).

Enfatizando-se as informações requeridas para otimizar a produção de grãos tem-se: a) a estimativa do potencial de mineralização do N do solo; b) a quantidade de N mineralizado ou imobilizado pela cultura de cobertura; c) o requerimento do N pela cultura para atingir um rendimento projetado; e d) a expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (solo, resíduo de cultura, fertilizante mineral) (COELHO; FRANÇA, 1995).

Ao tratar-se de estimativa da necessidade de nitrogênio para uma cultura do milho, visando a uma produtividade considerada de 7.000 kg/ha em uma área cuja cultura antecedente era o milho, tem-se sua ilustração na Tabela 02.

Tabela 2. Estimativa da necessidade de adubação nitrogenada para a cultura milho.

<b>Necessidades da cultura para produzir</b>	
Grãos, 7000kg/ha <sup>-1</sup> x1,4% de N	98kg
Palhada, 7000kg/ha <sup>-1</sup> x1,0% de N	70kg
Total	168kg
<b>Fornecimento pelo solo:</b>	
20kg de N por 1% de M.O. (solo com 3% de M.O.)	60kg
Resíduos de cultura, 30% de N da palhada	21kg
Total	81kg
Necessidades de adubação <sup>1</sup> :	
$N_f = (168-81)/0,60$	145k

Fonte: Coelho et al, 2006.

Para Coelho et al. (2006), os plantios em sucessão e/ou em rotação com a cultura da soja, reduzem 20 kg de N/ha da recomendação de adubação em cobertura.

Caso a cultura do milho apresente sintomas de deficiência, pode-se fazer aplicação suplementar em período anterior ao indicado, ou seja, aplicar, na semeadura, de 10 a 30 kg de N/ha.

#### 2.4.2 Demanda de Fósforo para as culturas de Soja e Milho

Tendo em vista que as exigências do milho em fósforo fiquem em quantidades bem menores do que em relação ao nitrogênio e ao potássio (Tabela

01) as doses normalmente indicadas são altas em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura, oriundas da alta capacidade de fixação do fósforo adicionado ao solo, por meio de mecanismos de adsorção e precipitação reduzindo sua disponibilidade às plantas; outro fator que deve ser levado em conta é a demanda de fósforo pela cultura; plantas de desenvolvimento intenso, de ciclo curto como o milho, requerem maior nível de fósforo em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido, que as plantas de culturas perenes, (COELHO et al.,2006).

Exames relativos ao solo se mostram úteis para discriminar potenciais de respostas do milho à adubação fosfatada. A interpretação da análise de solo e a recomendação da adubação fosfatada para milho grão, com base no rendimento esperado, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, cujas doses devem ser aplicadas no sulco de semeadura e ser ajustadas para cada situação levando-se em conta, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizado pelos agricultores (EMBRAPA, 2009).

Ao apresentar teores de fósforo acima do nível crítico no solo (Tabelas 01 e 02) ou seja, valores acima dos quais não se espera resposta do milho a esse nutriente, a conservação deste valor é feita pela reposição anual da quantidade extraída relativo aos valores de colheita. Para o milho considera-se que, para cada tonelada de grãos produzida, são exportados 10 kg de  $P_2O_5$ .

Este mesmo valor pode ser considerado quando se cultiva o milho para produção de silagem visto que, como mostrado na Tabela 1, a exportação de fósforo, quando se cultiva o milho para esta finalidade, é semelhante àquela para a produção de grãos, em que se encontram mais de 80% do fósforo absorvido pela cultura (KAMINSKI; PERUZZO, 1997).

Em relação a absorção de nutrientes por determinada espécie vegetal é influenciada por distintos fatores, entre eles as condições climáticas, como chuvas e temperaturas, as diferenças genéticas entre cultivares de uma mesma espécie, o teor nutritivo no solo e dos vários tratos culturais; apesar disso, alguns estudos mostram quantidades médias de nutrientes contidos em 1.000 kg de restos culturais de soja e em 1.000 kg de grãos de soja, como os dados apresentados na Tabela 03.

Tabela 3. Quantidade absorvida e concentração de nutrientes na cultura da soja.

Parte da planta	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cl	Mo	Fe	Mn	Zn	Cu
	kg/1000 kg ou g/kg						g/1000 kg ou mg/kg						
Grãos	51	10	20	3,0	2,0	5,4	20	237	5	70	30	40	10
Restos Culturais	32	5,4	18	9,2	4,7	10	57	278	2	390	100	21	16

Fonte: EMBRAPA. 1998. 182p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 120)

Ressalta-se, por meio desses dados, que a maior exigência da soja refere-se ao nitrogênio e ao potássio, seguindo-se o cálcio, o magnésio, o fósforo e o enxofre; nos grãos, a ordem de remoção, em porcentagem, é bastante alterada; o fósforo é o mais translocado (67%), seguido do nitrogênio (66%), do potássio (57%), do enxofre (39%), do magnésio (34%) e do cálcio (26%). 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 (EMBRAPA, 1998).

Nas misturas de NPK com fosfatos naturais a legislação determina que o P seja expresso em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em água, ácido cítrico e total. Para o cálculo da quantidade de fosfato a ser utilizada deve-se considerar, segundo a CQFS-NRSSBCS (2004) o valor de P total, complementando em 20%.

## 2.5 PRODUÇÃO LEITEIRA E SEUS COEFICIENTES ZOOTÉCNICOS

Conforme dados da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais<sup>1</sup>, até 2011, no Brasil, cerca de 11,2% da população do Norte; 47,8% do Nordeste; 5,5% da população do Centro-Oeste, 20,3% da população do Sudeste e 15,2% da população do sul viviam no campo, o que expressa um elevado número de habitantes nas cidades, o que acaba gerando grandes impactos ambientais devido à necessidade e à prática de proteínas animais e vegetais para abastecimento das zonas urbanas.

<sup>1</sup> [http://www.agricultura.mg.gov.br/files/perfil/perfil\\_brasil.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/files/perfil/perfil_brasil.pdf)

De acordo com Teloecken (2009) nas décadas de 80 e 90 o uso dos dejetos como fertilizante orgânico do solo era tratado como se fosse a solução definitiva para os riscos de poluição causada pelos dejetos suínos e bovinos. Realmente, são úteis, podendo ser utilizados na adubação na agricultura no cultivo das mais diversas culturas e pastagens; porém se tem um agravante que norteia a grande concentração da produção de grandes quantidades em espaço limitado, tornando a quantidade de dejetos incompatível com a disponibilidade de terra apta a recebê-lo.

Tabela 4. Teores médios de nutrientes e coeficientes de variação (CVs): N, P, Cu, Zn, Ca, Mg, K e Matéria orgânica (MO) oriundos da bovinocultura

<b>Nutriente</b>	<b>Média (g.L-1)</b>	<b>Coefficiente de Variação</b>
N	0,8430	0,03
P	0,4670	0,06
K	0,2210	0,07
Ca	0,0519	0,04
Mg	0,0349	0,05
Cu	0,0035	0,05
Zn	0,0036	0,09
MO	46,542	0,05

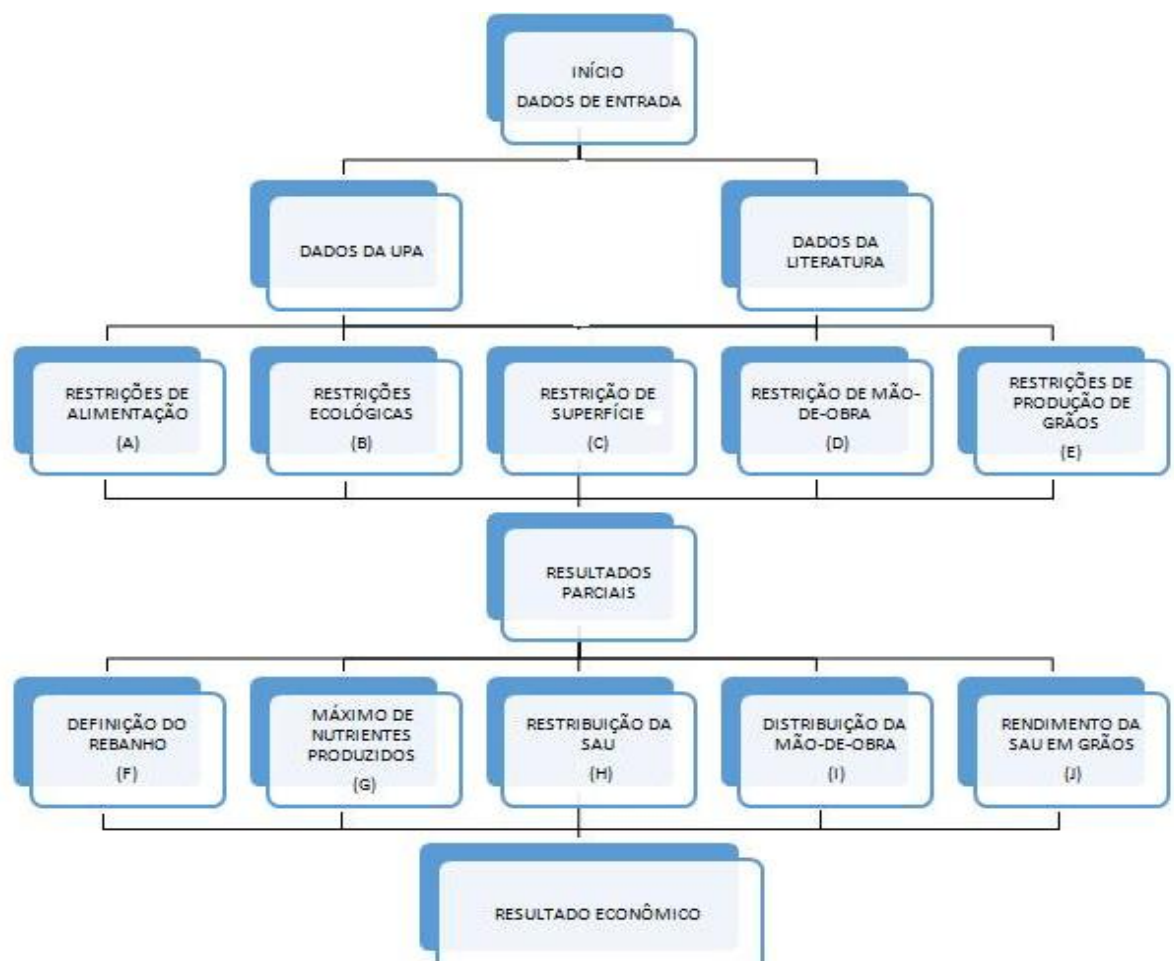
**Fonte:** SANDMANN (2013, tabela 18., p. 100)

Em análises realizadas durante experimentos de Sandmann (2013) e em conformidade com Silva Neto e Oliveira (2007) armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo, é a forma mais usada no manejo de efluentes de pocilga e vem sendo difundido no tratamento de dejetos da bovinocultura. Esta é uma opção de baixo custo para os produtores desde que corretamente dimensionadas e operadas e para propriedades que dispõem de áreas de cultivo suficientes para a absorção, em que esses resíduos possam ser utilizados como fertilizante orgânico. Devem ser respeitadas as instruções agronômicas para esta prática, levando-se em conta o balanço de nutrientes para nortear a tomada de decisão sobre as quantidades passíveis de serem lançadas, para que fiquem minimizados os impactos ambientais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste tópico é realizada uma descrição do software utilizado para a formulação do modelo. São descritos os procedimentos gerais da pesquisa, assim como da unidade de produção modelada para, após, descrever-se a formulação do modelo utilizado.

Por meio da análise técnico-econômica de uma UPA, localizada no município de Serranópolis de Iguçu, diversificada com bovinocultura de leite, produção de soja, milho e pastagem, pode-se obter os coeficientes a serem utilizados no modelo de programação, elaborou-se um modelo partindo de diferentes critérios de tomada de decisão levando-se em consideração a adequação da unidade de produção agropecuária à legislação ambiental, em seguida foram desenvolvidas simulações para a comparação dos resultados.



**Figura 1. Fluxograma do Modelo desenvolvido para a UPA  
Adaptado de Sandmann (2013)**

Partindo das simulações realizadas, procedeu-se a escolha do modelo baseando-se no seu potencial para contribuir no processo de tomada de decisão (precisão dos resultados, facilidade de aplicação e de interpretação, etc.).

Inicialmente criou-se um modelo básico, a partir deste, foram realizadas entrevistas com um agricultor que possui, em sua propriedade, a bovinocultura de leite e produção de proteína vegetal. Posteriormente, foram desenvolvidos alguns ajustes no modelo e realizou-se a parametrização do mesmo. As soluções dos modelos foram obtidas a partir das simulações realizadas e comparadas com dados da literatura e com os resultados reais que o produtor apresenta em sua propriedade.

Objetivando-se a obtenção dos coeficientes relativos a qualidade do efluente oriundo da bovinocultura, os quais foram utilizados para alimentar o modelo e auxiliar na tomada de decisão no que tange a dimensão do rebanho e compra de adubo químico, foram coletadas amostras de efluentes. As amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos e mantidas em refrigeração até chegar ao local das análises; os parâmetros avaliados foram N, P, K, Ca e Mg e Cu e Zn micronutrientes e Matéria orgânica (MO) utilizando-se de metodologias do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - APHA, 2005, 21<sup>a</sup> ed.

Os dados dos nutrientes levantados nas análises químicas foram submetidos a análise de variância e teste de médias utilizando o software MINITAB.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO

Para a realização deste trabalho, ancorado em pesquisas bibliográficas, desenvolveu-se junto a um agricultor residente no município de Serranópolis do Iguaçu-PR, visitas e entrevistas, cujos dados deram suporte para alimentar o modelo em questão. A unidade analisada se encontra a 3 km do Parque Nacional do Iguaçu, significativo bioma da flora e fauna brasileira.

### 3.2 DESCRIÇÃO DO MODELO BASE ELABORADO PARA ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE LEITE EM UMA UPA

O modelo ora desenvolvido compõe-se de dados de entrada referentes aos coeficientes da função-objetivo (remete aos valores financeiros relativos a entrada de capital e aos custos para manutenção do sistema produtivo); coeficientes das restrições de área; trabalho; energia; capacidade de ingestão dos animais; ingestão de volumosos; proporção entre as culturas nas rotações, potencial genético das vacas e necessidades nutricionais para geração de proteína vegetal. Foram introduzidas algumas restrições para fixar, por exemplo, a quantidade de ração por animal e ração por litro de leite, segundo a sua categoria.

Outros dados de entrada que o modelo possui referem-se aos de resultados, os quais fornecem os valores numéricos como margem bruta total, obtida na solução ótima; unidade animal por categoria do rebanho; áreas das pastagens e de grãos; rendimento leiteiro e produção anual; produtividade marginal; custo marginal de substituição e análise de sensibilidade. Também possuirá dados de entrada que descreverão alguns resultados graficamente como, a composição do resultado econômico fornecido pelas atividades, a distribuição da área utilizada, a produção leiteira ao longo do ano e o sistema de alimentação.

O modelo prevê ainda restrições relativas a rotações de culturas e ligação entre restrições, as quais devem ser formuladas de acordo com as especificidades da unidade de produção e, no caso do sistema de quotas, da agroindústria compradora do leite (SANDMANN; BARROS, 2010).

## 4 FORMULAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático é formado por um conjunto de equações cuja finalidade é descrever o sistema produtivo de uma unidade de produção de grãos e bovinocultura de leite.

Estas equações, matematicamente, estruturam-se na forma de um modelo de programação matemática, a qual abrange a programação linear e se divide em três partes: função objetivo, conjunto de restrições e um conjunto de condições de não-negatividade para as  $n$  variáveis de escolha.

De outro modo, pode-se dizer que a otimização se sujeita a restrições, isto é, os valores das variáveis de decisão, maximizadores da função objetivo 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.

A partir da realidade constatada na unidade de produção, tornar-se-á possível formular o problema, por meio da abstração. Assim, pretende-se relacionar esta realidade com a matemática, criando o modelo e encontrando a solução do mesmo. Dessa forma, o modelo poderá ser validado com os dados coletados a partir do sistema atual.

A obtenção dos dados para serem trabalhados de forma a construir o modelo matemático deram-se por meio do cálculo econômico feito para a propriedade, utilizando o “*software EXCEL*”. Para o modelo segue o seguinte: parte-se da programação, na qual formula-se o modelo básico, o qual apresenta a situação de escolha de alternativas de produção.

### 4.1 FUNÇÃO OBJETIVO

Nesta assume-se que o agricultor procura maximizar a renda mensal mínima ou anual, ou seja,

$$\text{Função Objetivo 1} \longrightarrow \text{MAX= REM; .....Eq.01}$$

$$\text{Função Objetivo 2} \longrightarrow \text{MAX= REA; .....Eq.02}$$



Renda mensal mínima (REM) relaciona a matriz do resultado econômico mensal mínimo com as demais restrições do sistema. A função objetivo é multicritério, o que remete ao resultado econômico mensal menos o custo de manutenção do sistema, buscando fazer o melhor possível, considerando os dados de entrada e de saída do modelo. Visa-se, na função objetivo 1, a estabilidade de renda mensal para a UPA, levando-se em consideração o resultado econômico relacionado mês de menor rentabilidade.

Renda mensal anual (REA) relaciona a matriz do resultado econômico anual com as demais restrições do sistema. A função objetivo é multicritério, possibilitando um resultado econômico anual menos o custo de manutenção do sistema, buscando fazer o melhor possível, considerando os dados de entrada e de saída do modelo. Visa-se, na função objetivo 2, otimizar o resultado econômica anual, permitindo que o modelo apresente meses de negatividade de renda, nos meses de plantio.

A partir da descrição da função objetivo, foram elaboradas as restrições baseadas na distribuição da mão de obra; superfície de área útil; alimentação do rebanho; produção de proteína vegetal para venda, bem como, para a manutenção energética dos bovinos; restrições de rotatividade de culturas e suas necessidades em relação aos nutrientes para a otimização da produção.

$$\begin{aligned}
 & [RREANUAL] (SOJA*VSOJA) + (VMIL1*MILHO1) + (VMIL2*MILHO2) + \\
 & (PL*L) - (CVL*VL+CVS*VS+CN*N+CTF*TF) - (CSCE*(CANA + CE + \\
 & SOR)) - (CMIL*MILHO1) - (CPOT*POT) - (CUSTOSOJA *SOJA) - \\
 & (CAV*AV) - (CMIL*MILHO2) - (PRACAO*R) -CSIL2 - CSIL1 - (Eq 03) \\
 & BALANCOADUBO = REA .....
 \end{aligned}$$

A função objetivo 2 apresenta o balanço econômico relativo a cada mês do ano, que serve para se localizar a renda suportável pelo agricultor no pior mês relativo à produtividade do sistema. A Inequação 1 representa a função objetivo 2 para o mês de janeiro; os demais meses têm suas inequações definidas de acordo com as atividades desenvolvidas nesses períodos.

$$\begin{aligned}
 & [REJAN] PL * LJAN + (PVENDA VS * PV * VD - CVL * VL - CVS * VS - CN \\
 & * N - CTF*TF)/ANO - PRACAO*RJAN - CSIL1 - BALANCOADUBO/12 >=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{REM} \dots\dots\dots \text{In. 01} \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & [\text{REDEZ}] \text{ PL} * \text{LDEZ} + (\text{PVENDA} * \text{PV} * \text{VD} - \text{CVL} * \text{VL} - \text{CVS} * \text{VS} - \\
 & \text{CN} * \text{N} - \text{CTF} * \text{TF}) / \text{ANO} - \text{PRACAO} * \text{RDEZ} - \text{BALANCOADUBO} / 12 \geq \text{In.12} \\
 & \text{REM}
 \end{aligned}$$

A partir desse conjunto de 12 inequações referentes ao resultado economico mensal (REM), o modelo poderá indicar medidas a serem tomadas no sistema de produção (modificações na área de cultivo, redução ou ampliação do rebanho, alteração no número de lotes de suínos e aves, entre outros) que possibilitarão a melhoria da renda da UPA tendo como referência a pior situação, isto é, o mês de menor rendimento.

No que se refere ao rendimento de cada mês, elaborou-se 12 equações que realizam o balanço entre os valores mensais de entrada na unidade e seus custos agregados. O sistema de equações a seguir ilustra o rendimento da UPA para os 12 meses do ano:

$$\begin{aligned}
 & [\text{RREJAN}] \text{ PL} * \text{LJAN} + (\text{PVENDA} * \text{PV} * \text{VD} - \text{CVL} * \text{VL} - \text{CVS} * \text{VS} - \\
 & \text{CN} * \text{N} - \text{CTF} * \text{TF}) / \text{ANO} - \text{PRACAO} * \text{RJAN} - \text{CSIL1} + \\
 & \text{VENDALOTESUJAN} \qquad \qquad \qquad = \text{Eq 04}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{REM1} \dots\dots\dots \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & \cdot \qquad \qquad \qquad \cdot \\
 & [\text{RREDEZ}] \text{ PL} * \text{LDEZ} + (\text{PVENDA} * \text{PV} * \text{VD} - \text{CVL} * \text{VL} - \text{CVS} * \text{VS} - \\
 & \text{CN} * \text{N} - \text{CTF} * \text{TF}) / \text{ANO} - \text{PRACAO} * \text{RDEZ} + \text{VESTRAV} + \text{Eq.16} \\
 & \text{VENDAVESDEZ} + \text{BALANCOADUBO} / 12 = \text{REM12} \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

O sistema de equações remete ao balanço financeiro de cada mês; a partir desse, o agricultor pode prever o resultado econômico nas diferentes etapas da produção.

## Parâmetros de entrada

Os principais parâmetros de entrada – dados que alimentam o programa - do modelo estão elencados nos subitens de a até c. Os valores dos parâmetros foram obtidos a partir de entrevistas com agricultor e técnicos com conhecimento de produção agropecuária, análises laboratoriais e revisão bibliográfica. Entre as referências pesquisadas se destacam Silva Neto e Oliveira (2007), VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al.(2012) e EMBRAPA (2009), como fontes extratoras desses coeficientes.

### a) Parâmetros estritamente relativos ao rebanho leiteiro

#### a-1 ) Estabilização do rebanho

Para que ocorra estabilização do rebanho leiteiro visando a um rendimento leiteiro melhor, é necessário que sejam respeitadas as inequações que seguem (SALVA NETO e OLIVEIRA, 2007)

$$[VLVS] \quad 0.3*VL - 0.7*VS \leq 0; \dots\dots\dots \text{In } 13$$

$$[VLTERNEIRAS] \quad 0.5*VL - TF \leq 0; \dots\dots\dots \text{In } 14$$

$$[VLNOVILHAS] \quad 0.49*VL - N \leq 0; \dots\dots\dots \text{In } 15$$

$$[VLVD] \quad VD - 0.48*VL \leq 0; \dots\dots\dots \text{In } 16$$

$$[MORTALIDADE] \quad MORT=0.01; \dots\dots\dots \text{Eq } 17$$

Em que:

- 0,01 é a relação entra vacas secas e vacas em lactação;
- 0,7 é a relação entra vacas em lactação e vacas secas;
- 0,5 é a porcentagem em relação às vacas leiteiras e às terneiras;
- 0,49 é a porcentagem em relação às vacas leiteiras e às novilhas;

- 0,48 é a porcentagem em relação às vacas leiteiras e às vacas para descarte.

### a-2) Potencial de rendimento das vacas:

Esta restrição faz com que o modelo busque uma solução através da qual a produção de leite seja superior a 26 litros por vaca \*dia.

[POTVL] L - 26\*360\*VL <= 0; ..... In.18

Em que:

- 12 equivale ao rendimento mínimo de leite por vaca por dia;
- 360 representa os dias de um ano.

### a-3) Teores de energia de cada forrageira

Em referência à produção leiteira e para manutenção do rebanho, verificou-se a necessidade de teores médios de ingestão de energia metabolizável, os quais são extraídas das rações e dos volumosos, conforme os teores apresentados na Tabela 05: Segundo Silva Neto e Oliveira (2007) tem-se, para energia metabolizável (Mcal/kg).

**Tabela 05. Energia metabolizável presente em alimentos disponíveis ao rebanho leiteiro**

Alimento	Energia Metabolizável (Mcal/kg)
Piquete de gramínea (ENPOT)	1.6
Tifton 85 (ENCE)	2
Sorgo Forrageiro (ENSOR)	2
Aveia (ENAV)	2
Silagem (ENSIL)	2.3
Cana de Açúcar (ENCANA)	2
Ração (ENR)	3

#### **a-4) Teores de proteína de cada forrageira**

Os teores médios de proteína bruta a ser disponibilizada ao rebanho, estão apresentados da Tabela 06 e são expressos em Mcal.kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 06. Proteína bruta presente em alimentos disponíveis ao rebanho leiteiro**

Alimento	Proteína Bruta (Mcal/kg)
Piquete (PROTPOT)	0,081
Capim Elefante (PROTCE)	0,15
Sorgo Forrageiro (PROTSOR)	0,167
Aveia (PROTAV)	0,16
Silagem (PROTSIL)	0,08
Cana-de-açúcar (PROTCANA)	0,03

Fonte: VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. (2012)

#### **a-5) Peso médio de cada animal do rebanho existente na propriedade, em kg e coeficiente de ingestão de matéria seca**

A massa média de cada animal está relacionada à ingestão de volumosos: PV=550 kg; PS=550 kg; PN=240 kg; PT=80 kg. Para a manutenção do rebanho faz-se necessário uma quantidade mínima de ingestão, que deve ser devidamente balanceada, conforme determinado por: [COEFINGMS] CIMS = 0.03 – representa a necessidade de ingestão de alimentos por dia por animal, em relação à sua massa.

#### **a-6) Outros valores agregados ao rebanho**

Esses dados se referem ao valor recebido pelo preço do leite; valor do quilograma de gado vivo na venda das vacas de descarte e custo de cada categoria de animal na propriedade, representados na Tabela 07, que foram elencados a partir das entrevistas.

**Tabela 07. Valores financeiros agregados ao rebanho leiteiro**

Produto	Unidade	Valor (R\$)
Leite Venda (PL)	L	1,31
Vaca Descarte (PVENDAVS)	kg	9
Vaca Leiteira (CVL)	ano	240
Vaca Seca (CVS)	Ano	140
Novilha (CN)	Ano	80
Terneira (CTF)	Ano	80
Ração (PRACAO)	kg	0,85

Esses valores serviram de base na melhor distribuição das atividades da UPA levando-se em consideração alguns fatores da cadeia produtiva do leite.

### **b)Superfície e mão-de-obra disponíveis**

Outros fatores de grande importância ao se considerar a cadeia produtiva agrícola, são a SAU e a mão-de-obra disponíveis, fundamentais para a escolha das atividades desenvolvidas na UPA. A Tabela 08 traz tais valores.

**Tabela 08. SAU e mão-de-obra disponíveis na UPA**

Recurso	Unidade	Valor
Superfície de área útil verão (SAUV)	ha	25
Superfície de área útil inverno (SAUI)	ha	25
Mão-de-Obra	horas	720

### c) Rendimento, qualidade das forragens (teores médios) e valores financeiros agregados

Rendimento em  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e custo. $\text{ha}^{-1}$  em reais, de cada forrageira, do milho grão e da soja na propriedade em estudo, tal como o valor pago pelo agricultor ao quilograma de ração consumida pelos animais, energia elétrica e demais valores econômicos agregados à cadeia produtiva dessa UPA, foram imprescindíveis para a representatividade do modelo elaborado.

A dosagem dos dejetos líquidos de suínos e de bovinos e das camas de aves deve obedecer à reposição da exportação de nutrientes pela produção das culturas, conforme apresentados na Tabela 09.

**Tabela 09. Necessidade das culturas por hectare cultivado em relação aos nutrientes N e P**

Culturas Agrícolas	Necessidade das Culturas (kg/ha)
Nitrogênio Aveia (NECESAVN)	75
Fósforo Aveia (NECESAVP)	30
Nitrogênio Cana (NECESCANAN)	120
Fósforo Cana (NECESCANAP)	54,4
Nitrogênio Tifton 85 (NECESCEN)	400
Fósforo Tifton 85 (NECESCEP)	35
Nitrogênio Milho Verão (NECESMILHON1)	187
Nitrogênio Milho Inverno (NECESMILHON2)	150
Fósforo Milho Verão (NECESMILHOP1)	33,5
Fósforo Milho Inverno (NECESMILHOP2)	27
Nitrogênio Potreiro (NECESPOTN)	100
Fósforo Potreiro (NECESPOTP)	35
Nitrogênio Silagem Verão (NECESSILN1)	180
Nitrogênio Silagem Inverno (NECESSILN2)	150
Fósforo Silagem Verão (NECESSILP1)	21
Fósforo Silagem Inverno (NECESSILP2)	18
Fósforo Soja (NECESSOJAP)	40
Nitrogênio Sorgo (NECESSORN)	214
Fósforo Sorgo (NECESSORP)	26

Fonte: SANDMANN (2013).

Na Tabela 10 se apresenta, de acordo com as entrevistas, o rendimento das culturas desenvolvidas na UPA analisada.

**Tabela10. Rendimento das culturas na UPA piloto**

Culturas Agrícolas	Produção t.ha <sup>-1</sup>
RENDAV (Aveia)	27
RENDCANA (Cana-de-Açúcar)	21
RENDCE (Capim Elefante)	54
RENDMILHO1 (Milho Verão)	8,75
RENDMILHO2 (milho Inverno)	7
RENDPOT (Potreiro)	2
RENDSOJA (Soja)	4
RENDSOR (Sorgo Forrageiro)	38
SILAG1 (Silagem de Verão)	19
SILAG2 (Silagem de Inverno)	16

Fonte: VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. (2012)

Os custos agregados e os valores financeiros brutos por cultura agropecuária referentes a UPA piloto estão apresentados na Tabela 11 e foram levantados por meio de entrevistas.

**Tabela 11. Valor monetário agregado às atividades desenvolvidas na UPA piloto**

Culturas	Unidade	Valor Agregado (R\$)
Custo Milho (CMIL)	Hectare	1500
Venda Milho Verão (VMIL1)	Hectare	4500
Venda Milho Inverno VMIL2	Hectare	4000
Custo Silagem Verão (CSIL1)	Hectare	2600
Custo Silagem Inverno (CSIL2)	Hectare	2600
Custo Soja (CSOJA)	Hectare	1500
Venda Soja (VSOJA)	Hectare	4500
Custo Aveia (CAV)	Hectare	150
Custo Tífton 85(CSCE)	Hectare	120
Custo Potreiro (CPOT)	Hectare	100
CUSTO DA CANA (CCANA)	Hectare	120
Custo Sorgo (CSOR)	Hectare	120
Custo de Nitrogênio e Fósforo	kg	1,40



## Produção de dejetos dos animais e balanço de nutrientes nas culturas

Os resíduos produzidos pelos animais, embora tenham elevado potencial de contaminação, são ricos em nutrientes podendo ser aproveitados na unidade de produção evitando, desta forma, a contaminação do ambiente. Apresenta-se, a seguir, a produção total dos nutrientes N e P dos rejeitos da cadeia produtiva de proteína animal da UPA em função da dimensão do rebanho bovinos; são apresentados, também, os principais valores adjuntos ao sistema produtivo da bovinocultura leiteira.

No que tange às excretas da bovinocultura de leite, foram desenvolvidas equações que levassem aos seus acúmulos para auxiliar na compilação do modelo matemático em questão, sendo que, para aves, foram definidas:

$$[\text{PGADO}] \text{ QPVST} = \text{PVST} * \text{DEJVT} \quad \text{Eq.05}$$

$$\text{PVST} = 0.000466 \text{ (kg)} \quad \text{Eq.06}$$

$$[\text{DEJGADO}] \text{ DEJVT} = 365 * (\text{DEJVL} * \text{VL} + \text{DEJVS} * \text{VS} + \text{DEJN} * \text{N} + \text{DEJTF} * \text{TF}) \quad \text{Eq.07}$$

$$[\text{DEJVACAL}] \text{ DEJVL} = 40 \text{ (L)} \quad \text{Eq.08}$$

$$[\text{DEJVACAS}] \text{ DEJVS} = 25 \text{ (L)} \quad \text{Eq.09}$$

$$[\text{DEJNOV}] \text{ DEJN} = 19 \text{ (L)} \quad \text{Eq.10}$$

$$[\text{DEJTERNEIRA}] \text{ DEJTF} = 9 \text{ (L)} \quad \text{Eq.11}$$

Desenvolveu-se um sistema de inequações no modelo, para determinar a quantidade máxima de N e P que pode ser gerada pelos efluentes e utilizada nas culturas soja, milho e pastagens, de modo a não ter excedente de resíduos e assim atender às exigências ambientais de disposição de efluentes na unidade de produção:

$$[\text{NOTROGENIMAXT}] \text{ QNVST} = \text{NMAX} \dots \dots \dots \text{Eq.12}$$

$$[\text{FOSFOROMAX}] \text{ QPVST} = \text{PMAX} \dots \dots \dots \text{Eq.13}$$

$$[\text{PLANTIUVERAOP}] \text{ NECESSOJAP} * \text{SOJA} + \text{NECESMILHOP1} * \text{MILHO1} + \text{NECESCEP} * \text{CE} + \text{NECESPOTP} * \text{POT} + \text{NECESSORP} * \text{SOR} +$$

$$\text{NECESSILP1} * \text{SIL1} + \text{NECESCANAP} * \text{CANA} + \text{NECESMILHOP2} * \text{MILHO2} + \text{NECESSILP2} * \text{SIL2} + \text{NECESAVP} * \text{AV} \geq \text{P}_{\text{MAX}} \dots\dots\dots \text{In.19}$$

$$[\text{PLANTIUVERAON}] \text{NECESSOJAN} * \text{SOJA} + \text{NECESMILHON1} * \text{MILHO1} + \text{NECESCEN} * \text{CE} + \text{NECESPOTN} * \text{POT} + \text{NECESSORN} * \text{SOR} + \text{NECESSILN1} * \text{SIL1} + \text{NECESCANAN} * \text{CANA} + \text{NECESMILHON2} * \text{MILHO2} + \text{NECESSILN2} * \text{SIL2} + \text{NECESAVN} * \text{AV} \geq \text{N}_{\text{MAX}} \dots\dots\dots \text{In.20}$$

Para determinar as quantidades necessárias de N e P das culturas se criaram as equações:

$$\text{NECESSOJAP} * \text{SOJA} + \text{NECESMILHOP1} * \text{MILHO1} + \text{NECESCEP} * \text{CE} + \text{NECESPOTP} * \text{POT} + \text{NECESSORP} * \text{SOR} + \text{NECESSILP1} * \text{SIL1} + \text{NECESCANAP} * \text{CANA} + \text{NECESMILHOP2} * \text{MILHO2} + \text{NECESSILP2} * \text{SIL2} + \text{NECESAVP} * \text{AV} = \text{FOSFORO} \dots\dots\dots \text{Eq.17}$$

$$\text{NECESSOJAN} * \text{SOJA} + \text{NECESMILHON1} * \text{MILHO1} + \text{NECESCEN} * \text{CE} + \text{NECESPOTN} * \text{POT} + \text{NECESSORN} * \text{SOR} + \text{NECESSILN1} * \text{SIL1} + \text{NECESCANAN} * \text{CANA} + \text{NECESMILHON2} * \text{MILHO2} + \text{NECESSILN2} * \text{SIL2} + \text{NECESAVN} * \text{AV} = \text{NITRO} \dots\dots\dots \text{Eq.18}$$

Em relação ao balanço dos nutrientes na UPA, desenvolveram-se as equações que visaram medir as prováveis diferenças entre os nutrientes gerados na propriedade e os absorvidos por ela. Elaborou-se um sistema de equações que permitiu determinar os custos para compra de adubo químico e compensar as possíveis faltas no adubo orgânico geradas por esse sistema, como segue:

$$\text{NITRO} - \text{N}_{\text{MAX}} = \text{N}_{\text{COMPRA}} \dots\dots\dots \text{Eq.19}$$

$$\text{FOSFORO} - \text{P}_{\text{MAX}} = \text{P}_{\text{COMPRA}} \dots\dots\dots \text{Eq.20}$$

$$\text{FOSFOCOMPRA} = 1.4 * \text{P}_{\text{COMPRA}} \dots\dots\dots \text{Eq.21}$$

$$\text{NITROCOMPRA} = 1.4 * \text{N}_{\text{COMPRA}} \dots\dots\dots \text{Eq.22}$$

$$\text{ADUBOCOMPRA} = \text{NITROCOMPRA} + \text{FOSFOCOMPRA} \text{Eq.23}$$

$$\text{BALANCOADUBO} = \text{ADUBOCOMPRA} \dots\dots\dots \text{Eq.24}$$

## Restrições

Os sistemas de produção tem - em dado momento no tempo - pelo menos uma restrição que limita a performance do sistema em relação aos seus objetivos (SANDMANN e BARROS, 2010). Tais restrições podem ser classificadas como internas e externas ou, ainda, de mercado. Para gerir a performance do sistema a restrição deve ser identificada e administrada corretamente. São apresentadas, a seguir, as restrições relacionadas ao modelo elaborado.

## Superfície

Na UPA analisada, a superfície agrícola considerada útil (SAU) é de 25 ha tanto para o verão como para o inverno. Na região oeste do Estado do Paraná os cultivos de verão podem ser iniciados a partir de setembro e os cultivos de inverno, em março. Essas culturas possibilitam a sobreposição na oferta de pastagens entre essas estações.

No modelo está sobreposição não acontece, o somatório das superfícies agrícolas utilizadas pelo agricultor deve ser menor ou igual à área disponível total, divididas em superfície agrícola útil no verão com as atividades: milho, soja, capim elefante, enquanto no inverno atividade se resume em: capim elefante, milho safrinha, milho para silagem. Salienta-se que o agricultor pode manter alguns cultivares perenes em sua propriedade, tais como: sorgo forrageiro, cana-de-açúcar, potreiro e subsistência.

As equações e inequações necessárias para representar as restrições de SAU, são:

[SAUQ] SOJA+ MILHO1+POT+CE+SOR+SIL1+CANA<=SAUV	In.21
[SAUF] MILHO2 +SOR+ SIL2+ POT+AV+CANA<=SAUI	In.22
[TOTALV] SAUV = 25 (ha)	Eq.23
[SAUTOTALI] SAUI = 25 (ha)	Eq.24

## Alimentação dos Bovinos de Leite

Tal restrição permite o balanço energético, a proporção de concentrado e outros, compreendendo a quantidade e a qualidade do alimento. Tem-se um conjunto que assegura a quantidade de elementos indispensáveis na alimentação dos animais, mensalmente, para as Vacas em Lactação (VL) e rebanho não produtivo (REB), respeitando a capacidade de ingestão dos animais.

As restrições de alimentação se dividem em:

### (a) Necessidade de energia:

#### I. Vacas em Lactação (VL):

A soma da necessidade de energia para a produção do leite com a necessidade de manutenção das vacas em lactação deve ser menor ou igual à do rendimento de energia disponível nas pastagens mais a energia disponível na ração, para cada mês. A seguir se apresenta o conjunto de restrição:

$$\begin{aligned}
 &[\text{ENERGIAVLJAN}] \quad 1.15 * \text{LJAN} + \text{ENVL} * \text{VL} - \text{ENPOT} * \text{POTJANVL} * \\
 &\text{RENDPOTJAN} - \text{ENSIL} * \text{SILJANVL} * \text{SILAG} - \text{ENCE} * \text{CEJANVL} * \text{RENDCEJAN} \\
 &- \text{ENSOR} * \text{SORJANVL} * \text{RENDSORJAN} - \text{ENR} * \text{RJANVL} - \text{ENCANA} * \\
 &\text{CANAJANVL} * \text{RENDCANA} - \text{ENAV} * \text{AVJANVL} * \text{RENDAVJAN} \leq 0 \dots\dots\dots \text{In.25}
 \end{aligned}$$

. . . . .

$$\begin{aligned}
 &[\text{ENERGIAVLDEZEM}] \quad 1.15 * \text{LDEZ} + \text{ENVL} * \text{VL} - \text{ENPOT} * \text{POTDEZVL} * \\
 &\text{RENDPOTDEZ} - \text{ENSIL} * \text{SILDEZVL} * \text{SILAG} - \text{ENCE} * \text{CEDEZVL} * \\
 &\text{RENDCEDEZ} - \text{ENSOR} * \text{SORDEZVL} * \text{RENDSORDEZ} - \text{ENR} * \text{RDEZVL} - \text{In.36} \\
 &\text{ENCANA} * \text{CANADEZVL} * \text{RENDCANA} - \text{ENAV} * \text{AVDEZVL} * \text{RENDAVDEZ} \leq 0
 \end{aligned}$$

.....  
Energia metabolizável . L<sup>-1</sup> = 1.15 Mcal.

## II. Animais não produtivos (REB):

A soma da necessidade de energia para a manutenção das Vacas Secas, Novilhas e Terneiras, deve ser menor ou igual à do rendimento de energia disponível nas pastagens mais a energia disponível na ração, para cada animal nos 12 meses do ano. Segue-se a restrição referente às vacas secas, novilhas e terneiras, no mês de janeiro.

### II.1. Energia vaca seca:

[ENERGIAVSJAN] ENV<sub>S</sub> \* VS – ENPOT \* POTJANV<sub>S</sub> \* RENDPOTJAN –  
 ENSIL \* SILJANV<sub>S</sub> \* SILAG – ENCE \* CEJANV<sub>S</sub> \* RENDCEJAN – ENSOR \*  
 SORJANV<sub>S</sub> \* RENDSORJAN – ENR \* RJANV<sub>S</sub> – ENCANA \* CANAJANV<sub>S</sub> \* In.37  
 RENDCANA – ENAV \* AVJANV<sub>S</sub> \* RENDAVJAN ≤ 0 .....

. .  
 . .  
 . .

[ENERGIAVSDEZ] ENV<sub>S</sub> \* VS – ENPOT \* POTDEZV<sub>S</sub> \* RENDPOTDEZ -  
 ENSIL \* SILDEZV<sub>S</sub> \* SILAG – ENCE \* CEDEZV<sub>S</sub> \* RENDCEDEZ – ENSOR  
 \* SORDEZV<sub>S</sub> \* RENDSORDEZ – ENR \* RDEZV<sub>S</sub> – ENCANA \* In.48  
 CANADEZV<sub>S</sub> \* RENDCANA – ENAV \* AVDEZV<sub>S</sub> \* RENDAVDEZ ≤ 0 .....

### II.2. Energia novilha:

[ENERGIANJAN] NN \* N – ENPOT \* POTJANN \* RENDPOTJAN – ENSIL \*  
 SILJANN \* SILAG – ENCE \* CEJANN \* RENDCEJAN – ENSOR \* SORJANN  
 \* RENDSORJAN – ENR \* RJANN – ENCANA \* CANAJANN \* RENDCANA – In.49  
 ENAV \* AVJANN \* RENDAVJAN ≤ 0 .....

. .  
 . .  
 . .

[ENERGIANDEZ] ENN \* N – ENPOT \* POTDEZN \* RENDPOTDEZ – ENSIL  
 \* SILDEZN \* SILAG – ENCE \* CEDEZN \* RENDCEDEZ – ENSOR \*

SORDEZN \* RENDSORDEZ – ENR \* RDEZN – ENCANA \* CANADEZN \* In.60  
 RENDCANA – ENAV \* AVDEZN \* RENDAVDEZ <=0 .....

### II.3. Energia Terneira:

[ENERGIATFJAN] ENT \* TF – ENPOT \* POTJANTF \* RENDPOTJAN –  
 ENSIL \* SILJANTF \* SILAG – ENCE \* CEJANTF \* RENDCEJAN – ENSOR \*  
 SORJANTF \* RENDSORJAN – ENR \* RJANTF – ENCANA \* CANAJANTF \* In.62  
 RENDCANA – ENAV \* AVJANTF \* RENDAVJAN <=0. ....

. .  
 . .  
 . .

[ENERGIATFDEZ] ENTF \* TF – ENPOT \* POTDEZTF \* RENDPOTDEZ –  
 ENSIL \* SILDEZTF \* SILAG – ENCE \* CEDEZTF \* RENDCEDEZ – ENSOR \*  
 SORDEZTF \* RENDSORDEZ – ENR \* RDEZTF – ENCANA \* CANADEZTF \* In.73  
 RENDCANA – ENAV \* AVDEZTF \* RENDAVDEZ <=0 .....

### (b) Proteína bruta:

#### I) Vacas em lactação:

A soma da necessidade de proteína bruta para a produção do leite (necessidade de proteína bruta para a manutenção das vacas em lactação) deve ser menor ou igual ao rendimento da proteína bruta disponível nas pastagens mais a proteína bruta disponível na ração, para cada mês do ano. Segue-se a restrição relativa ao mês de janeiro.

#### I.1. Proteína VL

[PROTEINAVLJAN] 0.084 \* LJAN + PROTVL \* VL - ROTPOT \* POTJANVL \*  
 RENDPOTJAN – PROTSIL \* SILJANVL \* SILAG – PROTCE \* CEJANVL \*  
 RENDCEJA PROTSOR \* SORJANVL \* RENDSORJAN – PROTR \* RJANVL  
 – PROTCANA \* CANAJANVL \* RENDCANA – PROTAV \* AVJANVL \* In.74

RENDAVJAN <=0 .....

.  
.  
.

[PROTEINAVLDEZEM] 0.084 \* LDEZ + PROTVL \* VL – PROTPOT \*  
POTDEZVL \* RENDPOTDEZ – PROTSIL \* SILDEZVL \* SILAG – PROTCE \*  
CEDEZVL \* RENDCEDEZ - PROTSOR \* SORDEZVL \* RENDSORDEZ -  
PROTR \* RDEZVL - PROTCANA \* CANADEZVL \* RENDCANA - PROTAV \* In.85  
AVDEZVL \* RENDAVDEZ<=0 .....

Proteína Bruta . L<sup>-1</sup> = 0,084 Mcal.

## II) Animais não produtivos:

A soma da necessidade de proteína bruta para a manutenção das vacas secas, novilhas e terneiras, deve ser menor ou igual ao rendimento da proteína bruta disponível nas pastagens; mais a proteína bruta disponível na ração, para cada mês do ano. As restrições referentes aos doze meses do ano para vaca seca, terneira e novilha são apresentadas a seguir:

### II.1. Proteína VS:

[PROTEINAVSJAN] PROTVS \* VS - PROTPOT \* POTJANVS \*  
RENDPOTJAN - PROTSIL \* SILJANVS \* SILAG - PROTCE \* CEJANVS \*  
RENDCEJAN - PROTSOR \* SORJANVS \* RENDSORJAN - PROTR \* In.76  
RJANVS - PROTCANA \* CANAJANVS \* RENDCANA - PROTAV \*  
AVJANVS \* RENDAVJAN<=0 .....

.  
.  
.

[PROTEINAVSDEZEM] PROTVS \* VS – PROTPOT \* POTDEZVS \*  
RENDPOTDEZ – PROTSIL \* SILDEZVS \* SILAG – PROTCE \* CEDEZVS \*

RENDCEDEZ - PROTSOR \* SORDEZVS \* RENDSORDEZ - PROTR \*  
 RDEZVS - PROTCANA \* CANADEZVS \* RENDCANA - PROTAV \* In.87  
 AVDEZVS \* RENDAVDEZ<=0 .....

## II.2. Proteína Novilha:

[PROTEINANJAN] PROTN \* N – PROTPOT \* POTJANN \* RENDPOTJAN –  
 PROTSIL \* SILJANN \* SILAG – PROTCE \* CEJANN \* RENDCEJAN –  
 PROTSOR \* SORJANN \* RENDSORJAN – PROTR \* RJANN – PROTCANA In.88  
 \* CANAJANN \* RENDCANA – PROTAV \* AVJANN \* RENDAVJAN <=0 .....

. .  
 . .  
 . .

[PROTEINANDEZEM] PROTN \* N – PROTPOT \* POTDEZN \*  
 RENDPOTDEZ – PROTSIL \* SILDEZN \* SILAG – PROTCE \* CEDEZN \*  
 RENDCEDEZ - PROTSOR \* SORDEZN \* RENDSORDEZ - PROTR \* In.99  
 RDEZN - PROTCANA \* CANADEZN \* RENDCANA - PROTAV \* AVDEZN \*  
 RENDAVDEZ<=0 .....

## II.3. Proteína Terneira:

[PROTEINATFJAN] PROTTF \* TF – PROTPOT \* POTJANTF \*  
 RENDPOTJAN – PROTSIL \* SILJANTF \* SILAG – PROTCE \* CEJANTF \*  
 RENDCEJAN – PROTSOR \* SORJANTF \* RENDSORJAN – PROTR \* In.100  
 RJANTF – PROTCANA \* CANAJANTF \* RENDCANA – PROTAV \*  
 AVJANTF \* RENDAVJAN <=0 .....

. .  
 . .  
 . .

[PROTEINATFDEZEM] PROTTF \* TF – PROTPOT \* POTDEZTF \*  
 RENDPOTDEZ – PROTSIL \* SILDEZTF \* SILAG – PROTCE \* CEDEZTF \*  
 RENDCEDEZ - PROTSOR \* SORDEZTF \* RENDSORDEZ - PROTR \*  
 RDEZTF - PROTCANA \* CANADEZTF \* RENDCANA - PROTAV \* In.111



AVDEZTF \* RENDAVDEZ<=0 .....

### c) Capacidade de ingestão de matéria seca:

Conjunto que garante a capacidade de ingestão de matéria seca mínima para cada animal a fim de que sejam respeitadas as fases de lactação e não lactação. Segundo SILVA NETO e OLIVEIRA (2007), esta capacidade deve ser de 3% do peso vivo do animal.

### I) Vacas em lactação:

Na soma dos alimentos utilizados para a alimentação das vacas produtivas considerou -se que esta deve ser maior ou igual a 3% do peso da vaca em Segue o conjunto de inequações referente lactação multiplicado por 30 dias, para cada mês do ano. ao período anual.

#### I.1. Ingestão Vaca Leiteira:

[INGESTAOVLJANEI]  $0.03 * 30 * PV * VL - POTJANVL * RENDPOTJAN$   
 $- SILJANVL * SILAG - CEJANVL * RENDCEJAN - SORJANVL * RENDSORJAN -$   
 $RJANVL - CANAJANVL * RENDCANA - AVJANVL * In.112$   
 RENDAVJAN  $\geq 0$  .....

.  
 .  
 .

[INGESTAOVLDEZ]  $0.03 * 30 * PV * VL - POTDEZVL * RENDPOTDEZ -$   
 $SILDEZVL * SILAG - CEDEZVL * RENDCEDEZ - SORDEZVL * RENDSORDEZ -$   
 $RDEZVL - CANADEZVL * RENDCANA - AVDEZVL * In.123$   
 RENDAVDEZ  $\geq 0$  .....

### II) Animais não produtivos:

Da mesma forma, a soma dos alimentos utilizados para a alimentação dos animais deve ser maior ou igual a 3% do peso da vaca seca, novilhas e terneiras,

multiplicado por 30 dias, para cada mês do ano. O conjunto de inequações referente a esta restrição segue abaixo:

### II.1. Ingestão Vaca Seca:

[INGESTAOVSJAN]  $0.03 * 30 * PV * VS - POTJANVS * RENDPOTJAN -$   
 $SILJANVS * SILAG - CEJANVS * RENDCEJAN - SORJANVS * RENDSORJAN -$   
 $RJANVS - CANAJANVS * RENDCANA - AVJANVS * RENDAVJAN \geq 0$  ..... In.124

.

.

.

[INGESTAOVSDEZ]  $0.03 * 30 * PV * VS - POTDEZVS * RENDPOTDEZ -$   
 $SILDEZVS * SILAG - CEDEZVS * RENDCEDEZ - SORDEZVS * RENDSORDEZ -$   
 $RDEZVS - CANADEZVS * RENDCANA - AVDEZVS * RENDAVDEZ \geq 0$  ..... In.135

### II.2. Ingestão Novilha:

[INGESTAONJAN]  $0.03 * 30 * PN * N - POTJANN * RENDPOTJAN -$   
 $SILJANN * SILAG - CEJANN * RENDCEJAN - SORJANN * RENDSORJAN -$   
 $RJANN - CANAJANN * RENDCANA - AVJANN * RENDAVJAN \geq 0$ ..... In.136

.

.

.

[INGESTAONDEZ]  $0.03 * 30 * PV * N - POTDEZN * RENDPOTDEZ -$   
 $SILDEZN * SILAG - CEDEZN * RENDCEDEZ - SORDEZN * RENDSORDEZ -$   
 $RDEZN - CANADEZN * RENDCANA - AVDEZN * RENDAVDEZ \geq 0$  ..... In.147

### II.3. Ingestão Terneira:

[INGESTAOTFJAN]  $0.03 * 30 * PT * TF - POTJANTF * RENDPOTJAN -$   
 $SILJANTF * SILAG - CEJANTF * RENDCEJAN - SORJANTF * RENDSORJAN -$

$$\text{RENDSORJAN} - \text{RJANTF} - \text{CANAJANTF} * \text{RENDCANA} - \text{AVJANTF} * \text{In.148}$$

$$\text{RENDAVJAN} \geq 0$$

.....

. .  
 . .  
 . .

$$[\text{INGESTAOTFDEZ}] 0.03 * 30 * \text{PV} * \text{TF} - \text{POTDEZTF} * \text{RENDPOTDEZ} -$$

$$\text{SILDEZTF} * \text{SILAG} - \text{CEDEZTF} * \text{RENDCEDEZ} - \text{SORDEZTF} * \text{In.159}$$

$$\text{RENDSORDEZ} - \text{RDEZTF} - \text{CANADEZTF} * \text{RENDCANA} - \text{AVDEZTF} *$$

$$\text{RENDAVDEZ} \geq 0$$

**d) Ingestão de volumosos:**

Considerou-se que pelo menos a metade da capacidade de ingestão do rebanho bovino deve ser de alimentos volumosos. As inequações que tratam desta restrição são apresentadas abaixo:

**I) Vacas em Lactação:**

O somatório dos alimentos volumosos – pastagens- utilizados para a alimentação das vacas produtivas, deve ser menor ou igual à metade da capacidade de ingestão da vaca em lactação para cada mês do ano. Como apresentado nas inequações de 179 a 191:

**I.1 Volumosos Vaca Leiteira**

$$[\text{VOLUMOSOSVLJAN}] \text{MVVL} * 0.03 * 30 * \text{PV} * \text{VL} - \text{POTJANVL} *$$

$$\text{RENDPOTJAN} - \text{SILJANVL} * \text{SILAG} - \text{CEJANVL} * \text{RENDCEJAN} - \text{In.160}$$

$$\text{SORJANVL} * \text{RENDSORJAN} - \text{CANAJANVL} * \text{RENDCANA} - \text{AVJANVL} *$$

$$\text{RENDAVJAN} \leq 0$$

. .  
 . .  
 . .

[VOLUMOSOSVLDEZ]  $MVVL * 0.03 * 30 * PV * VL - POTDEZVL * RENDPOTDEZ - SILDEZVL * SILAG - CEDEZVL * RENDCEDEZ - In.171$   
 SORDEZVL \* RENDSORDEZ - CANADEZVL \* RENDCANA - AVDEZVL \* RENDAVDEZ<=0 .....

## II) Animais não produtivos:

O somatório de alimentos utilizados para alimentação dos animais não produtivos do rebanho de leite deve, em relação aos volumosos, ser maior ou igual à metade da capacidade de ingestão da Vaca Seca, Terneiros e Novilhas em cada mês do ano, inequações de 192 a 230:

### II.1. Volumosos Vaca Seca:

[VOLUMOSOSVSJAN]  $MVVS * 0.03 * 30 * PV * VS - POTJANVS * RENDPOTJAN - SILJANVS * SILAG - CEJANVS * RENDCEJAN - SORJANVS * RENDSORJAN - CANAJANVS * RENDCANA - AVJANVS * In.172$   
 RENDAVJAN <=0.....

.  
 .  
 .

[VOLUMOSOSVSDEZ]  $MVVS * 0.03 * 30 * PV * VS - POTDEZVS * RENDPOTDEZ - SILDEZVS * SILAG - CEDEZVS * RENDCEDEZ - In.184$   
 SORDEZVS \* RENDSORDEZ - CANADEZVS \* RENDCANA - AVDEZVS \* RENDAVDEZ<=0 .....

### II.2. Volumosos Novilha:

[VOLUMOSOSNJAN]  $MVN * 0.03 * 30 * PN * N - POTJANN * RENDPOTJAN - SILJANN * SILAG - CEJANN * RENDCEJAN - SORJANN * RENDSORJAN - CANAJANN * RENDCANA - AVJANN * RENDAVJAN <=0 .....$  In.185

.  
 .

[VOLUMOSOSNDEZ] MVN \* 0.03 \* 30 \* PV \* N - POTDEZN \* RENDPOTDEZ -  
 SILDEZN \* SILAG - CEDEZN \* RENDCEDEZ - SORDEZN \* RENDSORDEZ - In.196  
 CANADEZN \* RENDCANA - AVDEZN \* RENDAVDEZ<=0 .....

### II.3. Volumosos Terneira:

[VOLUMOSOSTFJAN] MVTF \* 0.03 \* 30 \* PT \* TF – POTJANTF \*  
 RENDPOTJAN – SILJANTF \* SILAG – CEJANTF \* RENDCEJAN –  
 SORJANTF \* RENDSORJAN – CANAJANTF \* RENDCANA – AVJANTF \* In.197  
 RENDAVJAN <=0 .....

[VOLUMOSOSTFDEZ] MVTF \* 0.03 \* 30 \* PV \* TF - POTDEZTF \*  
 RENDPOTDEZ - SILDEZTF \* SILAG - CEDEZTF \* RENDCEDEZ - In.208  
 SORDEZTF \* RENDSORDEZ - CANADEZTF \* RENDCANA - AVDEZTF \*  
 RENDAVDEZ<=0 .....

### Mão-de-Obra

O somatório do número de horas mês necessárias para o desenvolvimento de cada atividade deve ser menor ou igual ao número de Unidades de trabalho (240 horas mês) existente na unidade de produção que corresponde, na UPA, a duas pessoas adultas (720 horas mês). Da mesma forma, pode-se estabelecer as atividades numa ordem mensal de trabalho; em cada mês foi fixado o tempo para cada atividade considerada; por exemplo, em setembro ocorre o plantio do milho silagem e no mês de janeiro é feito o corte e quando a mão-de-obra existente na propriedade não é o suficiente há necessidade da contratação de mais mão-de-obra para auxiliar no desenvolvimento do trabalho, o que não ocorre em todos os meses; também é calculado um tempo para isto e levado em conta o número de pessoas envolvidas no processo, ou seja, o número de horas utilizadas para todas as atividades daquele mês considerado não pode ultrapassar a carga horária já limitada

por duas pessoas.

As restrições 209 a 257 representam o período anual:

[WJANEIRO]  $16 * VL + 6 * SIL1 + HA * (CANAJANVL + CANAJANVS +$   
 $CANAJANN + CANAJANTF) + HAE * (CEJANVL + CEJANVS + CEJANN$   
 $+ CEJANTF) + HSOR * (SORJANVL + SORJANVS + SORJANN +$  In.209  
 $SORJANTF) + HSUINO * LOTESU \leq WF$  .....

.

.

.

[WDEZEMBRO]  $16 * VL + HC * (CANADEZVL + CANADEZVS +$   
 $CANADEZN + CANADEZTF) + HCE * (CEDEZVL + CEDEZVS + CEDEZN$   
 $+ CEDEZTF) + HSOR * (SORDEZVL + SORDEZVS + SORDEZN +$  In.220  
 $SORDEZTF) + HSUINO * LOTESU \leq WF$  .....

### **Restrições para validação do modelo**

No modelo em questão foram fixadas algumas restrições que envolvem as variáveis independentes e dependentes, as quais refletiram a situação atual do sistema de produção modelado, isto é, fixaram-se 65 vacas leiteiras (VL=65).

### **Equações e inequações de Ligações**

#### **I - Ligação de Leite Mensal e Anual:**

Esta equação gera o montante de leite produzido anualmente a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

I.1 Leite:

[LEITE]  $L=LJAN + LFEV + LMAR + LABR + LMAI + LJUN + LJUL + LAGO$

$$+ \text{LSET} + \text{LOUT} + \text{LNOV} + \text{LDEZ} \dots\dots\dots \text{Eq.25}$$

## II - Ligação de Alimentos de Distribuição Livre

São alimentos que podem ser distribuídos aos animais durante todos os meses do ano, de acordo com suas necessidades, ou seja, alimentos que são levados ao animal e que podem ser armazenados durante o ano.

### (a) Ligação da ração mensal e anual

Esta ligação faz com que a quantidade de ração consumida em cada mês do ano pelas vacas em lactação e pelo rebanho (vacas secas, novilhas e terneiros), forme a quantidade de ração consumida anualmente.

#### a.1 Ração

Essas equações geram, anualmente, o total de ração consumida por categoria do rebanho bovino a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

$$\begin{aligned} \text{Vaca Leiteira} \quad & [\text{RCVL}] \text{ RJANVL} + \text{RFEVVL} + \text{RMARVL} + \text{RABRVL} + \\ & \text{RMAIVL} + \text{RJUNVL} + \text{RJULVL} + \text{RAGOVL} + \text{RSETVL} + \\ & \text{ROUTVL} + \text{RNOVVL} + \text{RDEZVL} = \text{RVL} \dots\dots\dots \text{Eq.26} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vaca Seca} \quad & [\text{RCVS}] \text{ RJANVS} + \text{RFEVVS} + \text{RMARVS} + \text{RABRVS} + \\ & \text{RMAIVS} + \text{RJUNVS} + \text{RJULVS} + \text{RAGOVS} + \text{RSETVS} + \\ & \text{ROUTVS} + \text{RNOVVS} + \text{RDEZVS} = \text{RVS} \dots\dots\dots \text{Eq.27} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Novilha} \quad & [\text{RCN}] \text{ RJANN} + \text{RFEVN} + \text{RMARN} + \text{RABRN} + \text{RMAIN} + \\ & \text{RJUNN} + \text{RJULN} + \text{RAGON} + \text{RSETN} + \text{ROUTN} + \text{RNOVN} + \\ & \text{RDEZN} = \text{RN} \dots\dots\dots \text{Eq.28} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Terneira} \quad & \text{RJANTF} + \text{RFEVTF} + \text{RMARTF} + \text{RABRTF} + \text{RMAITF} + \text{RJUNTF} + \\ & \text{RJULTF} + \text{RAGOTF} + \text{RSETTF} + \text{ROUTTF} + \text{RNOVTF} + \text{RDEZTF} \\ & = \text{RTF} \dots\dots\dots \text{Eq.29} \end{aligned}$$

$$\text{Ração Total} \quad [\text{RACAOT}] \text{ RVL} + \text{RVS} + \text{RN} + \text{RTF} = \text{R} \dots\dots\dots \text{Eq.30}$$

**(b) Ligação da silagem mensal e anual:**

Esta ligação faz com que a quantidade de silagem consumida em cada mês pelas vacas em lactação e pelo rebanho, constitua a quantidade anual de silagem consumida.

**b.1. Silagem**

Estas equações geram, anualmente, o total de silagem consumida por categoria rebanho bovino a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano e por categoria:

$$\begin{aligned} \text{Vaca Leiteira} \quad & [\text{SILAGEMVL}] \text{ SILJANVL} + \text{SILFEVVL} + \text{SILMARVL} + \\ & \text{SILABRVL} + \text{SILMAIVL} + \text{SILJUNVL} + \text{SILJULVL} + \\ & \text{SILAGOVL} + \text{SILSETVL} + \text{SILOUTVL} + \text{SILNOVVL} + \text{Eq. 30} \\ & \text{SILDEZVL} \qquad \qquad \qquad = \qquad \qquad \qquad \text{SILVL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vaca Seca} \quad & [\text{SILAGEMVS}] \text{ SILJANVS} + \text{SILFEVVS} + \text{SILMARVS} + \\ & \text{SILABRVS} + \text{SILMAIVS} + \text{SILJUNVS} + \text{SILJULVS} + \\ & \text{SILAGOVVS} + \text{SILSETVS} + \text{SILOUTVS} + \text{SILNOVVS} + \text{Eq.31} \\ & \text{SILDEZVS} = \text{SILVS} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Novilha} \quad & [\text{SILAGEMN}] \text{ SILJANN} + \text{SILFEVN} + \text{SILMARN} + \text{SILABRN} \\ & + \text{SILMAIN} + \text{SILJUNN} + \text{SILJULN} + \text{SILAGON} + \text{SILSETN} \\ & + \text{SILOUTN} + \text{SILNOVN} + \text{SILDEZN} = \text{SILN} \qquad \qquad \qquad \text{Eq.32} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Terneira} \quad & [\text{SILAGEMTF}] \text{ SILJANTF} + \text{SILFEVTF} + \text{SILMARTF} + \\ & \text{SILABRTF} + \text{SILMAITF} + \text{SILJUNTF} + \text{SILJULTF} + \\ & \text{SILAGOTF} + \text{SILSETTF} + \text{SILOUTTF} + \text{SILNOVTF} + \text{Eq.33} \\ & \text{SILDEZTF} = \text{SILTF} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Silagem} \quad & [\text{SILGAEMTOTAL}] \text{ SILVL} + \text{SILVS} + \text{SILN} + \text{SILTF} = \text{SIL} \dots \text{Eq.34} \\ \text{Total} \end{aligned}$$



**(c) Ligação de cana-de-açúcar mensal e anual:**

Nesta ligação a quantidade consumida de cana-de-açúcar em cada mês pelas vacas em lactação e o rebanho, determina a quantidade anual desta pastagem.

**c.1. Cana-de-açúcar**

Estas equações geram, anualmente, o total de cana-de-açúcar consumida por categoria rebanho bovino a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

Vaca Leiteira	[CANVL] CANAJANVL + CANAFEVVL + CANAMARVL + CANAABRVL + CANAMAIVL + CANAJUNVL + CANAJULVL + CANAAGOVL + CANASETVL + CANAOUTVL + CANANOVVL + CANADEZVL = CANAVL .....	Eq. 35
Vaca Seca	[CANVS] CANAJANVS + CANAFEVVS + CANAMARVS + CANAABRVS + CANAMAIVS + CANAJUNVS + CANAJULVS + CANAAGOVVS + CANASETVS + CANAOUTVS + CANANOVVS + CANADEZVS = CANAVS ...	Eq.36
Novilha	[CANN] CANAJANN + CANAFEVN + CANAMARN + CANAABRN + CANAMAIN + CANAJUNN + CANAJULN + CANAAGON + CANASETN + CANAOUTN + CANANOVN + CANADEZN = CANAN .....	Eq.37
Terneira	[CANTF] CANAJANTF + CANAFEVTF + CANAMARTF + CANAABRTF + CANAMAITF + CANAJUNTF + CANAJULTF + CANAAGOTF + CANASETTF + CANAOUTTF + CANANOVTF + CANADEZTF = CANATF .....	Eq.38
Cana Total	[CANAGAEMTOTAL] CANAVL + CANAVS + CANAN + CANATF = CANA .....	Eq.39

**(d) Ligação de aveia feno mensal e anual:**

Com esta ligação a quantidade consumida de aveia em cada mês pelas vacas em lactação e pelo rebanho determina a quantidade anual desta pastagem

consumida.

#### d.1. Aveia

Estas equações geram o total de aveia consumida por categoria rebanho bovino anualmente a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

$$\begin{aligned} \text{Vaca Leiteira} \quad & [\text{AVEIAVL}] \text{ AVJANVL} + \text{AVFEVVL} + \text{AVMARVL} + \text{AVABRVL} \\ & + \text{AVMAIVL} + \text{AVJUNVL} + \text{AVJULVL} + \text{AVAGOVL} + \\ & \text{AVSETVL} + \text{AVOUTVL} + \text{AVNOVVL} + \text{AVDEZVL} = \text{AVVL} \dots \quad \text{Eq. 40} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vaca Seca} \quad & [\text{AVEIAVS}] \text{ AVJANVS} + \text{AVFEVVS} + \text{AVMARVS} + \\ & \text{AVABRVS} + \text{AVMAIVS} + \text{AVJUNVS} + \text{AVJULVS} + \\ & \text{AVAGOVS} + \text{AVSETVS} + \text{AVOUTVS} + \text{AVNOVVS} + \\ & \text{AVDEZVS} = \text{AVVS} \dots \quad \text{Eq.41} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Novilha} \quad & [\text{AVEIAN}] \text{ AVJANN} + \text{AVFEVN} + \text{AVMARN} + \text{AVABRN} + \\ & \text{AVMAIN} + \text{AVJUNN} + \text{AVJULN} + \text{AVAGON} + \text{AVSETN} + \\ & \text{AVOUTN} + \text{AVNOVN} + \text{AVDEZN} = \text{AVN} \dots \quad \text{Eq.42} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Terneira} \quad & [\text{AVEIATF}] \text{ AVJANTF} + \text{AVFEVTF} + \text{AVMARTF} + \text{AVABRTF} \\ & + \text{AVMAITF} + \text{AVJUNTF} + \text{AVJULTF} + \text{AVAGOTF} + \\ & \text{AVSETTF} + \text{AVOUTTF} + \text{AVNOVTF} + \text{AVDEZTF} = \text{AVTF} \dots \quad \text{Eq.43} \end{aligned}$$

$$\text{2Aveia Total} \quad [\text{AVGAEMTOTAL}] \text{ AVVL} + \text{AVVS} + \text{AVN} + \text{AVTF} = \text{AV} \dots \quad \text{Eq.44}$$

#### (e) Ligação entre a área total e a área consumida das pastagens:

Para sorgo (SOR), potreiro (POT) e capim elefante (CE), tem-se que o somatório dessas pastagens consumidas por todas as categorias nos devidos meses, deve ser menor ou igual ao somatório relativo à pastagem total disponível naquele mês.

#### e.1. Potreiro:

Estas equações geram o total de potreiro consumida por categoria rebanho bovino anualmente a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses

do ano:

[POTREIROJAN] POTJANVL + POTJANVS + POTJANN + POTJANTF – POT<=0 .....	In.221
.	.
.	.
.	.
[POTREIRODEZ] POTDEZVL+POTDEZVS+POTDEZN+POTDEZTF- POT<=0 .....	In.232

### e.2. Sorgo

Estas equações geram o total de sorgo consumida por categoria rebanho bovino anualmente a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

[SORGOJAN] SORJANVL + SORJANVS + SORJANN + SORJANTF- SOR<=0.....	In.233
.	.
.	.
.	.
[SORGODEZ] SORDEZVL+SORDEZVS+SORDEZN+SORDEZTF-SOR<=0	In.244

### e.3. Tifton 85:

[CELJAN] CEJANVL+CEJANVS+CEJANN+CEJANTF-CE<=0.....	In.245
.	.
.	.
.	.
[CELDEZ] CEDEZVL+CEDEZVS+CEDEZN+CEDEZTF-CE<=0.....	In.257

A família de restrições anteriores serve de base para a distribuição da SAU de maneira a se considerar a disponibilidade das pastagens no decorrer do ano.

## (f) Rendimento das pastagens

Para sorgo, potreiro e tifton 85 tem-se a seguir, nas equações, o rendimento médio em porcentagem no que diz respeito às suas produções anuais.

### f.1. Sorgo:

Estas equações geram o rendimento de sorgo a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

$$[\text{RSORJAN}] \text{RENDSORJAN} = 0.25 \cdot \text{RENDSOR} \dots\dots\dots \text{Eq.26}$$

. . . . .

$$[\text{RSORDEZ}] \text{RENDSORDEZ} = 0.15 \cdot \text{RENDSOR} \dots\dots\dots \text{Eq.37}$$

Rendimento parcial do sorgo = 0.25, ..., 0.15 (%)

### f.2. Potreiro:

Estas equações geram o rendimento de potreiro a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

$$[\text{RPOTJAN}] \text{RENDPOTJAN} = 0.2 \cdot \text{RENDPOT} \dots\dots\dots \text{Eq.38}$$

. . . . .

$$[\text{RPOTDEZ}] \text{RENDPOTDEZ} = 0.15 \cdot \text{RENDPOT} \dots\dots\dots \text{Eq.49}$$

Rendimento parcial do potreiro = 0.2, ..., 0.15 (%)

### f.3. Tifton 85

Estas equações geram o rendimento de tifton 85 a partir da quantidade determinada em cada um dos doze meses do ano:

$$[\text{RCEJAN}] \text{RENDCEJAN} = 0.15 \cdot \text{RENDCE} \dots\dots\dots \text{Eq.50}$$

. . . . .

$$[\text{RCEDEZ}] \text{RENDCEDEZ} = 0.1 \cdot \text{RENDCE} \dots\dots\dots \text{Eq.61}$$

Rendimento parcial do Capim elefante = 0.15, ..., 0.1 (%)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo se apresentam os principais resultados e discussões acerca do sistema de tratamento da suinocultura, dos dejetos da avicultura e bovinocultura, além dos custos para manutenção da cadeia produtiva de proteína animal e vegetal, elementos que serviram de suporte para o modelo matemático da UPA estudada; apresentar-se-ão, ainda, o Modelo Matemático e suas possibilidades agropecuárias e ambientais.

### 5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS RESÍDUOS NA UPA

Na produção leiteira tem-se a geração de grandes volumes de rejeito, especificamente, quanto à quantidade de urina e de fezes eliminadas diariamente e, como citado por Campos et al. (2002) que a quantidade total de efluentes orgânicos produzidos por vacas leiteiras em confinamento varia de 9,0 a 12,0% do peso vivo de animal por dia e depende também do volume de água utilizado na limpeza e na desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção.

No presente trabalho as vacas em lactação pesavam, em média, 550 kg e eliminavam 55 L de dejetos por dia, perfazendo o total de 240 L. (dejetos dia)<sup>-1</sup>; já as vacas secas, novilhas e terneiras, excretavam 50 L, 24 L e 8 L por dia, respectivamente, totalizando 5.239 L de dejetos . dia<sup>-1</sup>.

Os resultados dos teores de nutrientes médios e dos coeficientes de variação (CVs) referentes aos dados obtidos em laboratório, dos nutrientes N, P, Ca, Mg e K, Cu, Zn, Matéria orgânica (MO), presentes nos dejetos da bovinocultura de leite, no período de janeiro/2017 a maio/2017, foram apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12. Teores médios de nutrientes e coeficientes de variação (CVs): N, P, Cu, Zn, Ca, Mg, K e Matéria orgânica (MO) oriundos da bovinocultura**

Nutriente	Média (g.L <sup>-1</sup> )	Coeficiente de Variação
N	0,8340	0,03
P	0,4650	0,06
K	0,2212	0,07
Ca	0,0529	0,04
Mg	0,0338	0,05
Cu	0,004	0,05
Zn	0,0038	0,09
MO	46,652	0,05

O que se verifica na Tabela 12, são coeficientes de variação abaixo de 10% sugerindo a homogeneidade dos dados, o que permite segurança na tomada de decisão acerca do valor a ser considerado para alimentar o modelo em questão, no que tange aos dejetos da bovinocultura, ainda mais significativos e seguros.

Mori et.al (2009) encontraram analisando dejetos de gado leiteiro em confinamento, teores médios de N, P e K de 0,870 g.L<sup>-1</sup>, 0,550 g.L<sup>-1</sup> e 1,070 g.L<sup>-1</sup> verificando, assim, valores próximos as da Tabela 11 para N e P. Silva et. al (2007) encontram valores similares para Zn (0,0033 g.L<sup>-1</sup>). A Comissão de química e fertilidade do solo RS/SC (2004) observou, em dejetos de bovinos) valores próximos aos da Tabela 18 para o elemento P (0,34 g.L<sup>-1</sup>) e para os metais Cu (0,002g.L<sup>-1</sup>) e Zn (0,003 g.L<sup>-1</sup>) e teores acima para os nutrientes N (1,4 g.L<sup>-1</sup>), K (1,16 g.L<sup>-1</sup>), Ca (1,2 g.L<sup>-1</sup>) e Mg (0,4 g.L<sup>-1</sup>).

Sandmann (2013) encontrou valores muito próximos aos determinados nessa pesquisa, um dos fatores pode ter sido a localização geográfica das granjas analisadas, ambas foram em municípios limdeiros ao Parque Nacional do Iguaçu; sendo para N (0,8430 g.L<sup>-1</sup>), P (0,4670 g.L<sup>-1</sup>), K (0,2210 g.L<sup>-1</sup>), Ca (0,0519 g.L<sup>-1</sup>), Mg (0,0349 g.L<sup>-1</sup>), Cu (0,0035 g.L<sup>-1</sup>), Zn (0,0036 g.L<sup>-1</sup>) e MO (46,542 g.L<sup>-1</sup>).

Em um estudo realizado por Silva e Roston (2010) na Unidade Educativa de Produção (UEP) da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes – MG, sobre Bovinocultura de Leite, foram analisados alguns parâmetros como fósforo (0,0141 g.L<sup>-1</sup>) nos dejetos gerados pela bovinocultura. Smith et al. (2006) constataram, tratando efluente da produção de bovinos leiteiros em leitões cultivados, que a concentração P do afluente era de 0,0444 g.L<sup>-1</sup>; a quantidade de Fósforo na análise na unidade agropecuária que se pretendeu neste trabalho, intervir, é bastante

superior quando comparada à dos autores citados.

Assenheimer (2007) verificou teores de nitrogênio (0,557 g.L-1), fósforo (0,144 g.L-1), potássio (0,385 g.L-1), cálcio (0,293 g.L-1), magnésio (0,757 g.L-1) e matéria orgânica (14,448 g.L-1) em dejetos de vacas leiteiras na Embrapa em Minas Gerais, menores que os levantados na Tabela 11 para K, Ca e Mg enquanto em N, P e MO apresentaram teores elevados, para esses rejeitos na UPA analisada.

Segundo Mellek (2010) a aplicação de dejetos líquidos bovinos (DLB) durante dois anos melhorou a qualidade estrutural do solo através da alteração de atributos físicos, como densidade do solo, macroporosidade e diâmetro médio ponderado úmido de agregados; o autor também concluiu que a aplicação de DLB, no mesmo tempo melhorou atributos hidrológicos do solo aumentando a condutividade hidráulica e a taxa de infiltração de água, o que provavelmente tenha consequências positivas em termos de diminuição do potencial de escoamento superficial e transporte de elementos com nitrogênio e fósforo para corpos de água, a longo prazo; da mesma forma, o uso de dejetos líquidos de bovino em longo prazo, tende a aumentar o estoque de carbono no solo, quer seja pelo acúmulo direto ou por via indireta, através do incremento de massa seca dos cultivos adubados.

## 5.2 COERÊNCIA 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\$ 383.870,00 correspondendo a um rendimento mensal de médio de R\$ 31.989,16.

Com uso do Modelo desenvolvido alcançou-se o resultado econômico anual de R\$ 436.549,3, para os valores adotados pelo agricultor – elencados nas entrevistas -. Comparando-se este valor com o obtido pela situação atual verifica-se uma diferença de 12,06%. Este valor está de acordo com os achados de Sandmann e Barros (2009) que desenvolveram modelo de uma unidade de produção agropecuária de pequeno porte, bem como para Sandmann (2013), ao realizar uma pesquisa na região oeste paranaense, vinculada ao programa de doutoramento junto à Universidade Federal de Campina Grande/PB,

A diferença entre os resultados obtidos no modelo e a situação atual, provavelmente, se deve a precisão das quantidades a serem ingeridas pelos animais, quando de fato há perdas no processo de alimentação; outro fato que pode ter ocorrido foi a superestimativa da produção de grãos e pastagens.

### 5.3 APRESENTAÇÃO DAS SIMULAÇÕES

O modelo de programação, elaborado conforme o procedimento já descrito foi utilizado para analisar as possibilidades de melhoria da renda do produtor em conformidade com questões ambientais – ressaltando a sustentabilidade do sistema - Para tanto, foram analisadas as consequências das soluções propostas pelo modelo sobre o sistema de produção; cujos resultados são apresentados e discutidos a seguir.

#### 5.3.1 Sistema de Produção Proposto nas Soluções do Modelo

As simulações são apresentadas na Tabela 14 na qual verificam-se as principais diferenças entre as simulações e a situação atual. O resultado econômico em MAX = REA foi de (R\$ 613.061,6) em MAX = REM foi (R\$ 456.508,3) e na situação atual (R\$ 383.870,00). 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, possivelmente, pela melhor distribuição das condições de contorno que envolveu a produção agropecuária, isto é, pela otimização no uso da superfície da área útil e pelo aumento e estabilização no rebanho bovino.

Portanto, ao se compilar a função objetivo 1 percebe-se que a UPA tem condição de produzir pastagens para a demanda de um rebanho bovino com até 44 vacas em lactação, valor 67,69% do que o presente no sistema atual e, além disso,



o modelo sugere minimizar os a alimentação a base de ração e não cultivar soja, possibilitando, na ingestão de volumosos atender a demanda nutricional. Este maior rendimento possibilita ao agricultor realizar melhorias estruturais na propriedade, adquirir equipamentos que possam aumentar a eficiência no uso da mão de obra, entre outros.

O resultado econômico mensal mínimo simulado (REM) possibilitou ao agricultor, garantir, ao longo do ano, uma renda mensal compatível com as necessidades da propriedade; isto aconteceu, possivelmente, pela otimização no aumento e estabilização do rebanho leiteiro em comparação a REA e a situação atual. Desta forma, modificações na dimensão do rebanho leiteiro foi à solução indicada pelo modelo para maximizar a renda do mês de menor lucratividade da UPA. Esta solução demandou, praticamente, toda mão de obra familiar.

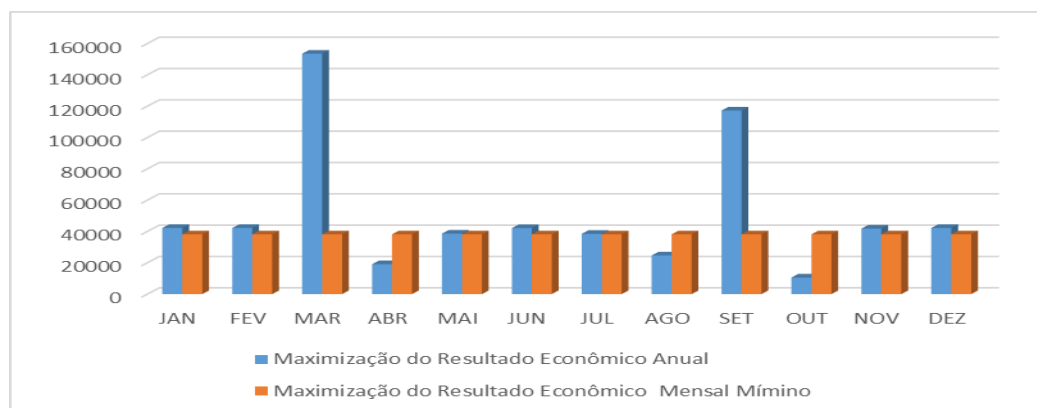
Levando-se em consideração as simulações, verifica-se que a principal variável afetada pela falta de mão de obra, constatada na Tabela 14, foi o aproveitamento máximo da área destinada ao plantio. Isto é, houve aproveitamento de 75,67% da área útil no verão e apenas 44% no inverno. Desta forma, verifica-se que falta de nitrogênio nos sistemas Anual e Atual. Este fato é justificável para o REA haja vista que nas situações descritas se atinge a capacidade máxima de absorção do nutriente P, pelas culturas. Portanto, qualquer aumento na produção de dejetos visando aumentar a oferta de nitrogênio implicaria na produção de Fósforo demandando uma destinação deste nutriente não considerada no modelo.

Outra variável comprometida pela pouca mão de obra disponível foi à atividade de suinocultura como se constata na Tabela 13, na simulação sobre o resultado econômico mensal (MAX=REM), no qual não se verifica a prática da suinocultura pois como visto anteriormente a bovinocultura de leite absorveu praticamente a mão de obra familiar.

**Tabela13. Resultados da otimização do modelo (REM e REA) e da situação atual (observada)**

Variável	Descrição	Unidade	Modelo (REA)	Modelo (REM)	Situação observada
REA	Resultado econômico anual	Reais	613.061,60	456.508,3	383.870,00
REND/DIA/VL	Rendimento de leite p/dia p/vaca	Reais	26	26	27,5
VL	Vacas em lactação	Cabeças	44	44	65
VS	Vacas secas	Cabeças	19	19	12
VD	Vacas descarte	Cabeças	21	21	12
TF	Terneiros	Cabeças	22	22	43
N	Novilhas	Cabeças	21	22	30
MILHO1	Milho Verão	Hectares	24,8	0	0
MILHO2	Milho Inverno	Hectares	19,25	0,57	0
SIL1	Silagem verão	Hectare	0	1,5	11,5
SIL2	Silagem inverno	Hectare	5,51	1,5	21,5
S	SOJA	Hectare	0	0	10
CE	Capim Elefante	Hectare	0,02	0,2	0
SOR	Sorgo	Hectare	0,67	0,75	0
AV	Aveia	Hectare	0,03	0,2	0
POT	Potreiro	Hectare	0	11,24	2
CANA	Cana de Açúcar	Hectare	0	3,37	0
R	Ração	Kg	136.037,9	139.631,4	192.000,0
DEJVT	Dejeto rebanho leiteiro	Mil litros	1.485.377	1.509,58	1.418,03
NTOTAL	Nitrogênio produzidos	Kg	1.252,17	1.272,57	1.195,58
NITRO	Nitrogênio Absorvido	Kg	8.480,95	4.260,81	11.325,5
PTOTAL	Fósforo produzido	Kg	673,27	694,4	652,3
FOSFORO	Fosforo Absorvido	Kg	1.456,12	694,41	1.435,75
SAUV	Área disponível verão	Hectare	25,5	17,05	25,5
SAUI	Área disponível inverno	Hectare	21,5	21,84	25,5

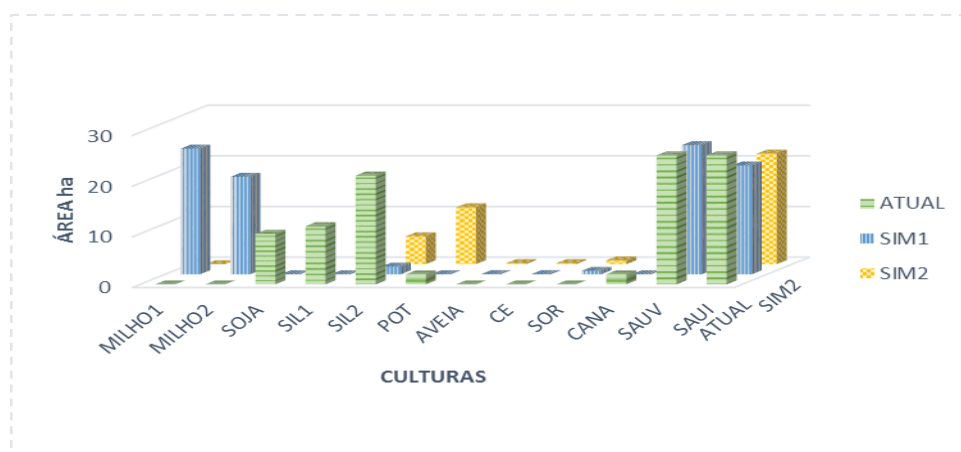
Na busca de uma compreensão melhor dos resultados obtidos nas simulações, a Figura 02 ilustra uma comparação entre as simulações dos resultados econômicos mínimo mensal REM e resultado econômico anual REA.



**Figura 02. Simulações sobre os resultados econômicos mensais**

Ao se analisar a Figura 02, pode-se observar uma tendência de estabilização nos resultados econômicos mensais na simulação que maximiza o resultado econômico mensal mínimo (REM), o que não se verifica nos resultados do REA. Observa-se ainda que os resultados econômicos da simulação (REA) são, na maioria dos meses, superiores aos obtidos com a REM., Entretanto, no REA, o menor resultado econômico mensal é de R\$ 10.605,3 e ocorre no mês de outubro, devido a maiores gastos com manutenção de pastagens perenes, e plantio de soja e milho. No REM a renda mínima mensal foi de R\$ 38.171,31, superior ao mínimo do REA. Isto ocorre devido ao fato de que, no redimensionamento do rebanho e das culturas agrícolas, obteve-se uma estabilidade de renda. Cabe ressaltar que ao maximizar o resultado econômico anual, tem-se um maior rendimento no montante dos 12 meses, podendo assumir valores negativos em determinados meses do ano – plantio e colheita -, o que não poderia ocorrer na maximização do resultado econômico mensal; nessa compilação do modelo, o programa maximiza o pior resultado econômico mensal, possibilitando ao agricultor, uma estabilidade de renda.

A Figura 03 apresenta os resultados das simulações em relação às quantidades de terra destinadas às principais culturas da UPA. Pode-se observar que a solução do modelo 1 (a que considera a maximização do resultado econômico anual) e a situação atual utiliza toda a SAU levando à necessidade maior de nutrientes do que no modelo 2 (que considera a maximização do resultado econômico mensal), que utiliza a SAU parcialmente.



**Figura 03. Distribuição da SAU nas simulações**

Analisando-se ainda a Figura 03 verificam-se quantidades diferentes de áreas destinadas às várias culturas nas três situações; na situação atual tem-se S = 10 ha,

Milho1 = 0 ha, milho2 = 0 ha, Sil1 = 11,5 ha, Sil2 = 21,5 ha, Pot = 2 ha, Av = 0, (CE) = 0,0 ha, Sor = 0 ha e Cana = 2 ha, totalizando uma superfície cultivada de 25,5 ha utilizando toda a SAU disponível no verão e no inverno; na simulação do resultado econômico anual tem-se S = 0 ha, Milho1 = 24,8 ha, Milho2 = 19,25 ha, Sil1 = 0 ha, Sil2 = 5,51 ha, Pot = 0 ha, Av = 0,03, (CE) = 0,02 ha, Sor = 0,67 ha e Cana = 0 ha, totalizando uma superfície cultivada de 25,5 há no verão e 21,5 no inverno; na simulação do resultado econômico mensal tem-se S = 0 ha, Milho1 = 0 ha, Milho2 = 0,57 ha, Sil1 = 1,5 ha, Sil2 = 1,5 ha, Pot = 11,24 ha, Av = 0,2, CE = 0,2 ha, Sor = 0,75 ha e Cana = 3,37 ha, totalizando uma superfície cultivada de 17,06 ha na estação quente e 21,84 ha na estação fria. A sobra de superfície de área útil em na maximização REM se justifica pela redistribuição das culturas visando à otimização do pior resultado mensal.

Na Tabela 14 são apresentadas as quantidades dos nutrientes N e P requeridos pelas culturas e obtidos nos dejetos gerados na UPA para as 2 simulações e situação atual.

Ao se abordar questões relativas aos nutrientes pode-se verificar, na Tabela 14, um equilíbrio em relação as quantidades de Nitrogênio e Fósforo necessárias para às diferentes distribuições da SAU em cada tipo de simulação bem como para o sistema atual.

**Tabela14. Quantidades de N e P requeridos pelas culturas e produzidos na UPA para as 2 simulações e situação atual**

CULTURA	DEMANDA NITROGÊNIO (kg)			DEMANDA FÓSFORO (kg)		
	REA	REM	ATUAL	REA	REM	ATUAL
<b>SIL1</b>	0	270	2.150,5	520,8	0	241,5
<b>SIL2</b>	991,8	826,5	3.225	346,5	31,5	387
<b>MILHO1</b>	4.464	0	0	0	27	0
<b>MILHO2</b>	2.887,5	85,5	0	99,18	10,26	0
<b>SOJA</b>	0	0	0	0	0	400
<b>POT</b>	0	1.124	200	0	393,4	70
<b>AV</b>	2,25	2,25	0	0,9	6	0
<b>CE</b>	8	80	0	0,7	7	0
<b>SOR</b>	143,38	160,5	0	17,42	19,5	0
<b>CANA</b>	0	404,4	0	0	183,66	0
<b>NECESSIDADE</b>						
<b>TOTAL</b>	8.480,95	1.272,57	1.195,58	673,27	694,41	652,3
<b>PRODUÇÃO</b>						
<b>TOTAL</b>	1.252,17	4.260,81	11.325,5	1.456,12	694,41	1.435,75

Observam-se, na Tabela 14, desigualdades consideráveis entre os três tipos de sistemas produtivos, no que tange às necessidades de adubo – REM; REA; SISTEMA ATUAL; o que se percebe é a disparidade que se tem entre as quantidades necessárias para um máximo desempenho das culturas e as quantidades de nitrogênio e de fósforo geradas no processo de produção de proteína animal no sistema atual. Nas simulações se verifica o equilíbrio de nutrientes na distribuição das culturas na UPA, demonstrando a viabilidade dos sistemas indicados visando, além do máximo retorno financeiro, ao balanço de nutrientes que resultou no uso de todo efluente gerado na UPA e desta forma adequação da UPA as normas ambientais em relação a disposição de efluentes.

O efeito benéfico principal da aplicação de resíduos é o suprimento de nutrientes essenciais para as culturas, sobretudo macronutrientes (N e P). Em geral, a aplicação de resíduos melhora as propriedades físicas do solo aumentando a agregação, reduzindo a densidade de solo e aumentando a capacidade de retenção de água pelo solo. Adicionalmente, algumas aplicações (particularmente de material orgânico) podem aumentar a matéria orgânica do solo; o equilíbrio de nutrientes verificado nas simulações é de suma importância para a tomada de decisão acerca de desenvolver ou não o que esses indicam para a UPA.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar o manejo indicado nos modelos (MAX = REA e MAX = REM) pode-se verificar que o objetivo principal da pesquisa foi alcançado, pois em ambos apresentam na maximização dos resultados econômicos a adequação da UPA no que tange à destinação de dejetos da bovinocultura, nas condições do entorno do Parque Nacional do Iguaçu- PR.

As análises químicas mostram, que os nutrientes N, P, K, Mg, Ca, metais Cu e Zn e MO, presentes nas excretas dos bovinos se encontram em conformidade com os achados da literatura e com órgãos de pesquisa como EMBRAPA e Comissão de Química e Fertilidade do Solo, RS/SC.

A mão de obra, a superfície de área útil e o balanço de nutrientes foram às condições de contorno que mais afetaram os resultados das simulações.

Tanto na função objetivo 1, quanto na função objetivo 2 a solução indica que para maximizar a renda anual o proprietário deve atentar para a estabilização do rebanho e, além disso disponibilizar área para a produção de milho para venda.

No que tange ao reaproveitamento dos resíduos gerados nas simulações, pode-se verificar que há a necessidade de compra de adubos químico para o melhor rendimento da produção de proteína vegetal.

Para finalizar conseguiu-se, com o presente trabalho, definir um sistema de produção, conforme o modelo acima mencionado que, por meio das simulações e dos resultados acerca do sistema de produção apresentado pelo modelo que maximiza o resultado econômico anual e mensal mínimo, ambos se adaptam bem a UPAs de médio porte.. Pode-se, também, elaborar procedimentos que permitam a avaliação e a análise de outros resultados.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a implementação, no modelo, dos custos de oportunidade sobre o capital circulante, o que apresenta melhores aplicações a agricultores de pequeno porte e com restrições financeiras, além disso, ao remeter ao modelo ora desenvolvido, a criação de um conjunto de restrições voltadas a contratação de mão de obra pode gerar maior renda e maior flexibilidade na utilização da SAU.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSENHEIMER, A. **Tratamento de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite com aeração mecânica**. Dissertação de Mestrado, UNIOESTE, 2007.
- COELHO, Antonio Marcos 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
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 4ª ed. Porto Alegre: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004.
- CAMPOS, A.T.de; FERREIRA, W.A.; PACCOLA, A.A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ULBANERE, R.C.; CARDOSO, R.M.; CAMPOS, A.T. **Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.26, n.2, p.426-438, 2002.
- EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1998/99**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR), 1998, p. 182.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa. **Manual de análises Químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed.rev.ampl. Brasília, EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2009, 627p. Pecuária e Abastecimento, 2006. Campina Grande. Comunicado Técnico, 278.
- KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997, p. 31. (Boletim Técnico 3).
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. ASSESSORIA DE GESTÃO ESTRATÉGICA. **Projeções do Agronegócio Brasil - 2008/09 a 2018/19**. Brasília, fevereiro de 2009.
- MELLEK, J.E. et al. **Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil**. Soil & Tillage Research v.110, p. 69–76, 2010.
- MORI, H. F. et al. **Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquidos bovino em latossolo sob plantio direto e com chuva simulada r**. Bras. Ci. Solo, 33:189-198, 2009.
- LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional 4ª edição**, ed. Person, 2009.

SÁNCHEZ, E; BORJA, R.; WEILAND, P.; TRAVIESO, L.; MARTÍN, A. **Effect of substrate concentration and temperature on the anaerobic digestion of piggery waste in a tropical climate.** Process Biochemistry, v. 37, p. 483- 489, 2001.

SANDMANN, A; BARROS, M. **Modelagem matemática dos condicionantes técnicos, econômicos e financeiros de uma unidade de produção agropecuária com bovinocultura de leite.** Medianeira: Edição do autor, 2010.

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

SANDMANN, A. MACUCULE, O. E. HELLMAN, L. **Produção de proteína animal e reuso de seus rejeitos na própria unidade produtora.** Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, Vol. 2 Ed.12, 2015, 78-85.

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

SILVA NETO, Benedito; Oliveira, Angélica de. **Modelagem e planejamento de sistemas de produção agropecuária.** Ijuí; unijuí, 2009.

SILVA, E. M. e ROSTON, D.M. **Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leite cultivado.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, jan./fev. 2010

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. BR-CORTE 1.0. **Cálculo de Exigências Nutricionais e Formulação de Dietas.** 2012. Disponível em [www.brcorte.ufv.br](http://www.brcorte.ufv.br). Acesso em 02/08/2013.



## ANEXOS 01: SIMBOLOS

CN	CUSTO NOVILHA
CTF	CUSTO TERNEIRA FÊMEA
CVL	CUSTO VACA LEITEIRA
CVS	CUSTO VACA SECA
NMAX	QUANTIDADE MÁXIMA DE NITROGÊNIO QUE DEVE SER LANÇADA NO SOLO
NVST	QUANTIDADE DE NITROGÊNIO POR LITRO DE DEJETO DE GADO SEM TRATAMENTO, DETERMINADO
PMAX	QUANTIDADE MÁXIMA DE FÓSFORO QUE DEVE SER LANÇADA NO SOLO
PRECOLEITE	PREÇO DO LITRO DE LEITE
PRECOVC	PREÇO DO KG DE VACA DESCARTE
PVST	QUANTIDADE DE FÓSFORO POR LITRO DE DEJETO DE GADO SEM TRATAMENTO, DETERMINADO PO
QNVST	QUANTIDADE TOTAL DE NITROGÊNIO NO DEJETO DE GADO SEM TRATAMENTO
QPVST	QUANTIDADE TOTAL DE FÓSFORO NO DEJETO DE GADO SEM TRATAMENTO
R	RAÇÃO
REA	RESULTADO ECONÔMICO ANUAL
REM	RESULTADO ECONÔMICO MENSAL
SIL	SILAGEM
SIL1	SILAGEM VERÃO
SIL2	SILAGEM INVERNO