

WILLIAM ROMELL BENEVIDES DE ÁVILA

**USO DA DINÂMICA DE SISTEMAS COMO SUPORTE À DECISÃO EM  
PROPRIEDADES PRODUTORAS DE LEITE:  
UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

WILLIAM ROMELL BENEVÍDES DE ÁVILA

**USO DA DINÂMICA DE SISTEMAS COMO SUPORTE À DECISÃO EM  
PROPRIEDADES PRODUTORAS DE LEITE:  
UM ESTUDO DE CASO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 14 de dezembro de 2004.

---

Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale

---

Carlos Antônio Moreira Leite

---

José Luís Braga

---

Maurinho Luiz dos Santos  
(Conselheiro)

---

Viviani Silva Lírio  
(Orientadora)

*Aos meus pais, Waldir Benevídes de Ávila e Maria Auxiliadora Vieira de Ávila,  
que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.*

## **AGRADECIMENTO**

Aos professores Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale, Francisco Armando da Costa, Heleno do Nascimento Santos e, especialmente, à Sílvia, pelo incentivo para iniciar o mestrado em Economia Aplicada neste Departamento.

À professora Viviani Silva Lírio, pela confiança e dedicação, como orientadora, e por mostrar-me que ainda é possível ser efetivamente orientado nesta Instituição. Ao professor Maurinho Luiz dos Santos, pelos preciosos ensinamentos e pela simplicidade e atenção. Aos professores Carlos Antônio Moreira Leite e José Luís Braga, pelas constantes contribuições para a realização deste trabalho, como também para minha vida.

A Rodrigo, por ter-se colocado prontamente à disposição para identificação de uma unidade de produção de leite, onde pudesse ser realizado o trabalho.

A José Fausino, Dorinha Rios e Alexandre, por colocar à minha disposição todas as informações da Fazenda Girassol, pela confiança, pelos constantes incentivos e, sobretudo, pela atenção dispensada, pelos ensinamentos, amizade e paciência.

Aos professores Marinez Guerreiro, Ilda Tinoco, Márcio Mota, Ricardo Malvadeza e Rubens Alves, pela confiança e pelo incentivo.

Aos meus colegas do Mestrado e Doutorado, Cesinha, Chico, Luciana, Carlos André, Áther, Thiago Doidão, Sílvia, Adelson, Eduardo, Rubicleis e Tozé, pela atenção dispensada, e a Marcelo, pelos ensinamentos.

Aos meus amigos engenheiros agrícolas, Natanael Takeo, José Antônio, Pablo Araújo, Presuntinho, Dudu e Purpurina, pelo companheirismo, pela amizade, pela atenção e por ter-me ensinado a enxergar por detrás das montanhas.

Aos meus amigos da República “Araxados e Agregados”, Cacá, Fabiano, Balandino, Sordado, Adilson Heleno, Tilu e Calouro, pelos momentos de descontração, pelo respeito a minhas opiniões, pela amizade e pela paciência.

Às moradoras da “República das Gansas”, Mariana, Thiara, Marina e Rafaela, pela amizade, pela paciência, pela atenção e pelos momentos de descontração.

Aos funcionários do DER, em especial, Cida, Graça, Luiza, Carminha, Tedinha e Brilhante, pela ajuda e colaboração.

À FAPEMIG e ao CNPq, pela concessão das bolsas de Mestrado.

Especialmente, às minhas irmãs, Marião, Mel e Mil; às minhas sobrinhas queridas, Natália e Kamila; e ao meu cunhado, Ronan Leitão, pelo apoio, pela atenção e pelo carinho nessa minha caminhada. Ao tio Celsão e tia Íris; ao tio Tadeu e tia Lizete; ao tio Cezar e tia Mara; ao tio Geraldo e tia Nívia; à tia Luzia; à tia Ana e à tia Nara; e aos meus avós, Zé, Nair, Valo e Ude, por serem tão importantes em minha vida.

A Deus e aos meus amigos do espaço, pela atenção, pelo carinho, pela paciência, pela fonte de energia e inspiração nos momentos mais difíceis da minha vida pessoal e profissional, por seus exemplos e ensinamentos.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa e que, naturalmente, ficarão chateados por não terem sido lembrados.

## BIOGRAFIA

WILLIAM ROMELL BENEVIDES DE ÁVILA, filho de Waldir Benevides de Ávila e Maria Auxiliadora Vieira de Ávila, nasceu em Araxá-MG, em 30 de julho de 1979. Ingressou no curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa em março de 1998, concluindo-o em maio de 2003, quando foi homenageado pelo Centro de Ciências Agrárias, pelo seu desempenho acadêmico.

Em maio de 2003, iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Economia Aplicada no Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa e, no dia 14 de dezembro de 2004, submeteu sua tese à avaliação.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xii
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xix
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Considerações iniciais .....	1
1.2. O problema e sua importância .....	7
1.3. Objetivos .....	9
2. METODOLOGIA .....	10
2.1. Referencial teórico .....	10
2.1.1. Gerenciamento da empresa rural .....	10
2.1.2. O processo de tomada de decisão .....	13
2.1.3. Sistemas de apoio à decisão .....	15
2.1.4. Administração estratégica no contexto da tomada de decisão .....	17

	Página
2.1.5. O pensamento sistêmico .....	18
2.2. Modelo analítico .....	21
2.3. Descrição da área de estudo .....	24
2.4. Fonte de dados .....	25
2.5. Dinâmica de sistemas na bovinocultura de leite .....	26
2.5.1. Abordagem sistêmica da bovinocultura de leite .....	26
2.5.2. Descrição do modelo dinâmico relacionado com estrutura física da unidade de produção de leite .....	34
2.5.3. Fatores de ponderação e discriminação da qualidade dos animais .....	54
2.5.4. Descrição do modelo dinâmico relacionado com estrutura financeira da unidade de produção de leite .....	58
2.5.5. Descrição do modelo dinâmico de investimento .....	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	68
3.1. Validação do modelo de simulação dinâmica .....	68
3.2. Aplicação do modelo de simulação dinâmica .....	83
3.2.1. Cenário 1: situação atual da unidade de produção .....	84
3.2.2. Cenário 2: elevação do volume de leite produzido por meio do aumento do número inicial de vacas em lactação .....	93
3.2.3. Cenário 3: elevação do volume de leite produzido por meio do aumento de produtividade das vacas .....	97
3.2.4. Cenário 4: administração do preço do concentrado .....	102
4. RESUMO E CONCLUSÕES .....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
APÊNDICES .....	116
APÊNDICE A .....	117

	Página
APÊNDICE B .....	119
APÊNDICE C .....	124
APÊNDICE D .....	127

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Principais países produtores de leite, em mil toneladas/ano, em 2003 .....	3
2 Distribuição geográfica da produção de leite no Brasil, em milhões de litros/ano, no período de 2000 a 2003 .....	4
3 Produção de leite nas principais mesorregiões de Minas Gerais, em milhões de litros/ano, em 2002 .....	6
4 Intervalo entre partos e período de lactação e descanso, medidos em meses, característicos do rebanho leiteiro da Fazenda Girassol .....	36
5 Fatores de ponderação utilizados na determinação da eficiência reprodutiva alcançada em cada simulação .....	55
6 Fatores de ponderação utilizados na determinação da eficiência produtiva alcançada em cada simulação .....	56
7 Estrutura de validação relacionada com a variável intervalo entre partos, no modelo de dinâmica de sistemas .....	69
8 Estrutura de validação relacionada com a variável período de lactação, no modelo de dinâmica de sistemas .....	70

9	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses .....	72
10	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses .....	73
11	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses .....	74
12	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses .....	76
13	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses .....	77
14	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses .....	79
15	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses .....	80
16	Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses .....	82

		Página
17	Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 2 .....	95
18	Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 3 .....	99
19	Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 4 .....	103
1A	Tabela progressiva anual para cálculo do imposto de renda referente a 2004 .....	117
2A	Tabela para cálculo de retenção do ICMS, segundo o programa estadual de movimento do produtor de leite, referente ao ano de 2004 .....	118
3A	Tabela relativa ao cálculo do acréscimo mensal no salário, devido a obrigações trabalhistas .....	118

## LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Produção brasileira de leite, em milhões de litros/ano, no período de 1990 a 2003 .....	2
2	O processo administrativo de empresas rurais .....	12
3	Diagrama representativo do processo de tomada de decisão .	14
4	Visualização esquemática dos componentes básicos de um sistema de apoio à decisão .....	16
5	Diagrama de influência que representa a dinâmica de crescimento de uma população qualquer de indivíduos .....	19
6	Simbologia utilizada na representação das variáveis presentes no <i>software Powersim 2.5c</i> .....	23
7	Localização da unidade de produção de leite considerada neste estudo .....	25
8	Fluxograma representativo da atividade de pecuária de leite ..	27
9	Diagrama de influência representativo dos determinantes da eficiência reprodutiva do rebanho leiteiro .....	28
10	Diagrama de influência que representa os determinantes do nível nutricional adotado pela unidade de produção .....	29

		Página
11	Influência da eficiência reprodutiva na dinâmica de estabelecimento do rebanho leiteiro .....	30
12	Influência da eficiência reprodutiva na receita gerada pela atividade de bovinocultura de leite .....	31
13	Influência da taxa de reposição sobre a renovação do rebanho .....	33
14	Representação dos ciclos reprodutivo e produtivo de vacas leiteiras .....	34
15	Diagrama de estoque e fluxo representativo da variabilidade de posições ao longo do período de lactação do grupo de vacas em lactação .....	35
16	Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo das vacas em lactação .....	38
17	Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo das vacas secas .....	40
18	Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo da renovação do plantel, realizada no primeiro ano de simulação .....	42
19	Curva de produção de leite de vacas em lactação .....	43
20	Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite das vacas em lactação .....	44
21	Transformação do período de lactação, de estático para dinâmico .....	45
22	Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite das vacas secas .....	46
23	Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite por ocasião da renovação do plantel, realizada no primeiro ano de simulação .....	47
24	Diagrama de estoque e fluxo representativo da fase de cria e recria de novilhas, referente ao grupo de vacas em lactação ..	49
25	Diagrama de estoque e fluxo representativo da fase de cria e recria de novilhas, referente ao grupo de vacas secas .....	50

	Página
26	Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de decisão relacionada com renovação do rebanho ..... 52
27	Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de decisão relacionada com alimentação do rebanho ..... 53
28	Diferenciação de preços de animais decorrente da qualidade genética ..... 58
29	Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de análise de investimentos na pecuária de leite ..... 66
30	Formulário inicial do SIMULEITE ..... 85
31	Primeiro formulário de entrada de informações no SIMULEITE ..... 85
32	Segundo formulário de entrada de informações no SIMULEITE ..... 87
33	Terceiro formulário de entrada de informações no SIMULEITE ..... 87
34	Quarto formulário de entrada de informações no SIMULEITE . 88
35	Primeiro formulário de resposta do SIMULEITE ..... 90
36	Segundo formulário de resposta do SIMULEITE ..... 91
1B	Ciclo produtivo das diferentes categorias de animais presentes no rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite ..... 120
2B	Fase de produção de leite nas diferentes categorias de animais presentes no rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite ..... 121
3B	Fase de cria e recria das novilhas nas diferentes categorias de animais presentes no rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite ..... 122
4B	Estrutura de renovação do rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite ..... 123
5B	Estrutura de alimentação do rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite ..... 123

1C	Estrutura do modelo financeiro relacionado com pecuária leiteira realizada na Fazenda Girassol .....	126
----	--	-----

## RESUMO

ÁVILA, William Romell Benevides de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2004. **Uso da dinâmica de sistemas como suporte à decisão em propriedades produtoras de leite: um estudo de caso.** Orientadora: Viviani Silva Lírio. Conselheiros: Maurinho Luiz dos Santos e Wilson da Cruz Vieira.

Acredita-se que grande parte do sucesso na pecuária leiteira esteja diretamente relacionada com o nível gerencial adotado nessa atividade. Assim, evidenciada a necessidade de aprimoramento dos processos decisórios nas empresas rurais desse setor, objetivou-se, neste trabalho, desenvolver uma ferramenta de suporte à decisão, baseada em princípios de dinâmica de sistemas. Por meio de uma análise sistêmica do processo produtivo praticado em uma unidade de produção de leite localizada em Minas Gerais, Brasil, determinaram-se as principais variáveis envolvidas e suas inter-relações. Nesse sentido, discriminou-se a influência da eficiência reprodutiva na dinâmica de estabelecimento do rebanho e na receita gerada pela atividade de pecuária de leite, além do impacto da adoção de determinada taxa de reposição na renovação do rebanho. Explicitados os principais *feedbacks* responsáveis pela dinâmica da atividade de pecuária de leite, partiu-se para a elaboração dos modelos matemáticos. Com o intuito de realizar a simulação numérica das relações presentes no sistema de produção de leite, lançou-se

mão de dados levantados mediante a observação de fichas de controle produtivo e reprodutivo do rebanho e ainda de registros contábeis e planilhas de controle de custos da referida unidade de produção de leite. O sistema de apoio à decisão, proposto para análise da tomada de decisão na bovinocultura de leite, constituiu-se de modelos de dinâmica de sistemas relacionados não apenas com estruturas física e financeira da empresa rural, mas também com a análise de investimentos rotineiros realizados nessa atividade. Para verificar a validade dos modelos desenvolvidos, no que se refere à representação da realidade visualizada na unidade de produção de leite tomada como estudo de caso, elaborou-se uma estrutura de validação, centrada nas principais variáveis responsáveis pela dinâmica do sistema leiteiro, e posteriormente procedeu-se a uma análise de sensibilidade de algumas das fundamentais variáveis caracterizadoras de qualquer sistema de produção de leite. Como os resultados encontrados nas simulações mostraram-se coerentes com as análises sistêmicas previamente estabelecidas, consideraram-se os modelos elaborados úteis ao estudo da quantificação das conseqüências de decisões na pecuária leiteira. Nesse sentido, foram elaborados alguns cenários, com o objetivo de visualizar os efeitos de algumas decisões então tomadas sobre a maneira de se conduzir o sistema de produção de leite evidenciado neste estudo. Quanto aos resultados encontrados, pôde-se constatar que a unidade de produção de leite em questão produz pouco pelo patrimônio que possui. Assim, recomendou-se a elevação da produção como estratégia de melhoria dos rendimentos da empresa. Especificamente, constatou-se que o investimento em aumento de produtividade dos animais mostrou-se mais interessante do que se comparado à elevação do número de vacas em lactação. Ademais, como essa estratégia se caracteriza como uma ação de resultados alcançados em longo prazo, recomendou-se, desde já, a administração do preço do concentrado, insumo diretamente afetado por essa decisão. No que se refere ao *software* utilizado na simulação dinâmica - *Powersim 2.5c* - verificou-se que esse aplicativo não possui precisão numérica quando utilizados seus limitados recursos para construção de interfaces. Logo, optou-se pela construção destas a partir de ferramentas de *Visual Basic*, presentes no *software Microsoft Excel 7.0*. Por fim, observou-se que o método descritivo utilizado, dado seu menor grau de abstração da realidade, se

comparado a outras metodologias de decisão, permitiu a sinalização de caminhos a serem seguidos com o intuito de melhorar o comportamento o sistema diante de suas próprias características e imposição do ambiente no qual está inserido. Portanto, verificou-se que a ferramenta desenvolvida permitiu o aumento da compreensão do funcionamento desse sistema de produção, tornando-se um poderoso instrumento computacional de auxílio ao planejamento estratégico delineado pelos técnicos responsáveis pela condução da bovinocultura de leite nacional.

## ABSTRACT

ÁVILA, William Romell Benevides de, M.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2004. **Uso da dinâmica de sistemas como suporte à decisão em propriedades produtoras de leite: um estudo de caso.** Adviser: Viviani Silva Lírio. Committee Members: Maurinho Luiz dos Santos and Wilson da Cruz Vieira.

It is believed that a great deal of the success in the milk-yielding cattle raising is related to the level of management adopted in this activity. Therefore, once being evident the need for refining the deciding processes in the rural enterprises in this field, this essay has as its objective, to develop a supportive tool to decision making based upon the principles of the dynamic of systems. By means of a systemic analysis of the productive process of a milk producing unity, located in Minas Gerais, Brazil, the main variables involved and their inter-relations were determined. In this sense the influence of the reproductive efficiency in the dynamic of establishing the herd and the revenue generated by the milk-yielding cattle raising was discriminated, besides the impact of adopting a fixed rate of replacement over the renewal of the herd. Once explicated the main feedbacks responsible for the dynamic of the milk-yielding cattle raising the next step was to project the mathematical model. With the purpose of allowing the numeric simulation of the relations present in the system of milk production, it was laid hold of data risen by means of the observation of the

productive control as well as accounting records and the cost control spreadsheet of the above mentioned milk production unity. The system of support to the decision proposed to the analysis of the decision making in the milk bovine culture had as its components models of the dynamic of systems related not only to the physical and financial structures of the rural enterprise but also to the analysis of the ordinary investments made in this activity. In order to verify the validation of the models developed in what refers to the presentation of the reality visualized in the milk production unity taken as a case of study, a validation structure was created, anchored in the main variables responsible for the dynamic of the milk system and afterwards proceeded to a sensibility analysis on some of the fundamental variables that characterize any milk producing system. As the results found in the simulations were coherent with systemic analysis previously settled, the constructed models were considered useful to the study of the quantification of the consequences of decisions in the milk production industry. In this sense, some scenarios were elaborated aiming the visualization of the effects of some decisions taken at the time on a way to conduce the milk production system evidenced in this study. As to the found results it was verified that the milk production unit in question produces only a little if taken into account the assets it owns. Therefore, it was recommended the rise in the production as an strategy to improve the revenue of the enterprise. Specifically, it was verified that the investment in increasing the productivity of the animals showed more attractive when compared to the increasing of cows in lactation. Moreover as this strategy is characterized as an action of results reached in the long term, it was recommended as for now, the administration of the concentrated price, a component affected directly by this decision. In what concerns the software used for dynamical simulation – *Powersim 2.5c* – it was observed that this application does not have numeric precision when one uses its limited resources to build up the interfaces. Therefore, the tools of *Visual Basic* present in the software *Microsoft Excel 7.0* were used for its construction. Finally, it was observed that the descriptive method used, for its smaller degree of abstraction of reality, if compared to other methodologies of decision, allowed the sinalization of paths to be followed aiming the increase in the behavior of the system facing its own characteristics and imposition of the environment where it is inserted. Therefore, it was verified

that the tool developed allowed an increase of the comprehension of the functioning of this production system turning into a powerful computational instrument to help the strategical planning delineated by the technician responsible for conducting the national milk bovinoculture.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais

A pecuária leiteira tem atravessado momentos de profundas mudanças desde o início dos anos 90, após a liberação dos preços do leite, aliada à abertura comercial e à estabilização de preços na economia nacional. Para GOMES (2001), a cadeia produtiva agroindustrial do leite<sup>1</sup> tem sido considerada como a de maior transformação em todos seus segmentos.

As modificações ocorridas no setor lácteo, na última década, contribuíram para modernização daqueles agentes que permaneceram praticando a atividade em nível comercial no Brasil. Dentre aqueles que continuaram apostando no negócio do leite, tornou-se comum a prática de políticas de redução de custos associadas ao aumento de produtividade e à melhoria da qualidade do produto (CASTRO e NEVES, 2001).

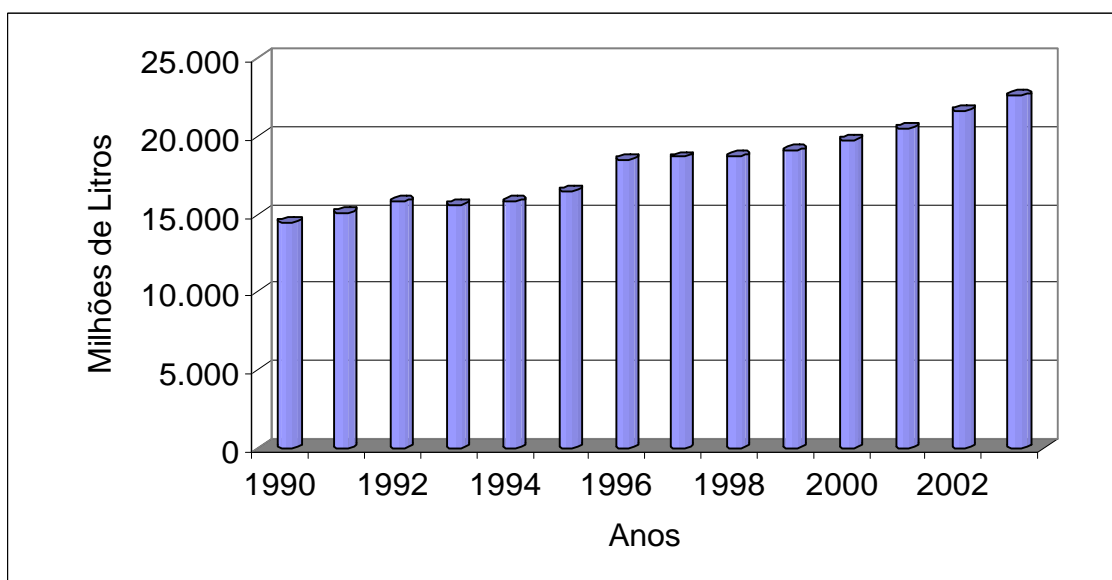
Em face das mudanças em curso, a bovinocultura de leite especializa-se por meio da realização de ajustes no processo produtivo tradicional, com vistas em adaptá-lo às condições vigentes, adotando, para isso, os chamados

---

<sup>1</sup> “Sucessão de operações de transformação dissociáveis, capazes de serem separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico” (BATALHA et al., 1997:26).

sistemas tropicais de produção de leite<sup>2</sup>, o que possibilitou a elevação do volume de leite produzido na última década (MÔNACO, 2004).

Observa-se, na Figura 1, aumento na produção nacional de leite, decorrente do rearranjo ocorrido em virtude das alterações no setor<sup>3</sup>. Evidenciou-se, no período compreendido entre 1990 e 2003, uma taxa de crescimento na produção nacional de leite de 3,40% a.a.<sup>4</sup>. Segundo GOMES (2000b), esse expressivo desempenho só foi superado, em igual período, pelos setores da avicultura de corte e da soja, ambos com marcante caráter exportador.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do IBGE (<http://www.embrapa.br/ibge>), 2004.

Figura 1 - Produção brasileira de leite, em milhões de litros/ano, no período de 1990 a 2003.

<sup>2</sup> Esses sistemas são caracterizados pelo menor investimento em instalações e pela menor dependência de grãos, privilegiando, assim, o uso de pastagens e animais de genética adaptada a essa nova forma de manejo.

<sup>3</sup> Ressalta-se a importante contribuição da expansão de novas fronteiras agrícolas para o incremento da produção nacional de leite na década passada.

<sup>4</sup> Representa a taxa geométrica de crescimento, significativa a 1%, calculada pelo autor com base em dados do IBGE (<http://www.embrapa.br/ibge>).

No que se refere à produção mundial de leite em 2003, nota-se que os Estados Unidos se destacaram com uma produção de cerca de 77 mil toneladas, seguidos da Índia, com cerca de 36 mil toneladas, e da Rússia, com cerca de 32 mil toneladas (Tabela 1).

Tabela 1 - Principais países produtores de leite, em mil toneladas/ano, em 2003

Países	Produção	Percentual do total
Estados Unidos	77.075	19,27
Índia	36.500	9,05
Rússia	32.500	8,05
Alemanha	27.320	6,77
França	23.814	5,90
Brasil	22.860	5,67

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos ([www.fas.usda.gov](http://www.fas.usda.gov)), 2004.

Apesar de ser considerado apenas o sexto maior produtor mundial de leite, dada uma produção aproximada de 23 mil toneladas, o Brasil apresentou taxa de crescimento de 3,53% a.a. na produção nacional, de 1990 a 2003, valor superior ao dos demais países melhores colocados (CARVALHO et al., 2003)<sup>5</sup>. Essa evolução na produção brasileira traz perspectivas animadoras com relação ao comércio mundial de lácteos, já que, de tradicional importador, o país pode passar a exportador num futuro muito próximo.

Segundo ALVIM (2004), somente no primeiro semestre de 2004, as exportações de lácteos atingiram a cifra de US\$ 41,8 milhões, o que representa 86,10% do total obtido em 2003. Caso permaneça esse volume de vendas, espera-se, em 2004, saldo positivo na balança comercial desse setor, uma vez

<sup>5</sup> A taxa calculada por CARVALHO et al. (2003) apresentou valor ligeiramente diferente de 3,40% a.a. calculada neste trabalho, no mesmo período, possivelmente em virtude da utilização de diferentes fontes de dados.

que, no mesmo período, foram gastos US\$ 30,4 milhões com importações de derivados do leite.

Além dessa nova realidade do setor leiteiro, no que se refere à geração de divisas para o país, pode-se dizer que, historicamente, o agronegócio do leite e de seus derivados desempenha relevante função socioeconômica para o Brasil. Estima-se uma ocupação direta da ordem de 3,6 milhões de pessoas e um retorno para o PIB (Produto Interno Bruto) nacional de cinco reais para cada aumento de um real no valor da produção de leite (CARVALHO et al., 2003).

Ademais, o leite está entre os produtos mais importantes da agropecuária brasileira, já que o valor da produção é superior ao dos produtos tradicionais, como café beneficiado e arroz. No ano de 2003, sua participação foi de 16,85% nos aproximadamente R\$ 63,5 bilhões gerados por produtos pecuários, ficando atrás apenas do valor gerado pela carne bovina (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - CNA, 2004).

Em nível regional, observa-se que a região Sudeste se destacou como a principal produtora de leite em 2003, com aproximadamente 8.680 milhões de litros, seguida da região Sul, com cerca de 5.460 milhões de litros, e do Centro-Oeste, com, aproximadamente, 3.440 milhões de litros (Tabela 2).

Tabela 2 - Distribuição geográfica da produção de leite no Brasil, em milhões de litros/ano, no período de 2000 a 2003

Região	2000	2001	2002	2003
Sudeste	8.573	8.573	8.747	8.677
Sul	4.904	5.187	5.507	5.460
Centro-Oeste	3.080	3.279	3.459	3.444
Nordeste	2.159	2.226	2.366	2.286
Norte	1.049	1.236	1.561	1.591

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do ANUALPEC, 2004.

Na região Sudeste, detentora da maior produção nacional de leite, encontra-se ainda o estado com maior produção – Minas Gerais, que, em 2003, respondeu por 28,67% da produção do país, seguido por Goiás, 11,46%, e por Rio Grande do Sul, 10,76% (ANUALPEC, 2004).

De acordo com GOMES (2001), o maior crescimento da produção brasileira de leite, na década de 90, ocorreu em regiões de cerrado, especificamente no estado de Goiás e, em Minas Gerais, nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Essa expansão deveu-se, particularmente, às possibilidades de redução de custos, dadas as condições climáticas propícias ao desenvolvimento de pastagens e à proximidade das regiões produtoras de grãos, elemento fundamental na formulação de concentrados.

No período de 1990 a 2000, enquanto o volume produzido de leite em Minas Gerais cresceu à taxa de 3,77% a.a., as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresentaram taxas de 4,39% a.a., maiores que as das regiões tradicionais como Sul de Minas e Zona da Mata, que atingiram 3,09% a.a. e 1,03% a.a., respectivamente<sup>6</sup>. Os dados da Tabela 3 apresentam a produção de leite, em 2003, nas principais mesorregiões de Minas Gerais<sup>7</sup>.

Nota-se que as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba destacaram-se como principais bacias leiteiras de Minas Gerais, com, aproximadamente, 1.569 milhão de litros, seguido por Sul e Sudeste de Minas, com cerca de 1.001 milhão de litros, e Zona da Mata, com, aproximadamente, 606 milhões de litros, em 2003.

Em meio a esse deslocamento da produção e a outras tantas significativas modificações ainda em curso na pecuária de leite nacional, fatores considerados menos importantes pelos produtores, se comparados às técnicas de ganho de produção, sofreram também substanciais alterações em seus conceitos, como é o caso da gerência rural.

---

<sup>6</sup> Representam taxas geométricas de crescimento, significativas a 1%, calculadas pelo autor com base em dados do IBGE (<http://www.embrapa.br/ibge>).

<sup>7</sup> Embora o estado de Goiás tenha apresentado crescimento de 7,64% a.a., no período compreendido entre 1990 e 2000, valor calculado pelo autor com base em dados também do IBGE, o estudo concentrou-se no principal estado produtor, Minas Gerais, o qual faz parte ainda da região de maior produção de leite.

Tabela 3 - Produção de leite nas principais mesorregiões de Minas Gerais, em milhões de litros/ano, em 2003

Mesorregião	Produção	Percentual do total
Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba	1.569	24,83
Sul/Sudeste de Minas	1.001	15,84
Zona da Mata	606	9,59
Oeste de Minas	541	8,56
Central Mineira	539	8,53
Metropolitana de Belo Horizonte	500	7,91

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do IBGE (<http://www.embrapa.br/ibge>), 2004.

De maneira geral, a administração de empresas rurais tem-se caracterizado por maior complexidade, devido à inevitável influência de fatores sociais, políticos, econômicos e tecnológicos, externos ao processo produtivo, anteriormente não considerados. Esses fatores sofrem, constantemente, alterações no decorrer do tempo, o que torna a agropecuária moderna um negócio de alto risco e mais exigente de habilidades e ferramentas de gerenciamento e apoio à decisão (VALE, 1997).

Para GOMES (2000), a produção eficiente de leite depende sobremaneira da efetiva capacitação do produtor em preceitos modernos de gerenciamento, como estabelecimento de metas, levantamento de custos de produção e avaliação. Somente dessa maneira, cria-se capacidade de ajustamento do sistema às alterações no mercado.

No que concerne ainda a esse tema, de acordo com VILELA (2004), para que a pecuária de leite se estabeleça de forma sustentável, em face dos desafios atuais, torna-se necessário adotar técnicas de planejamento e controle. A definição de estratégias de produção é justificada pela influência de fatores econômicos, políticos, climáticos e culturais nessa atividade.

Os processos administrativos de empresas rurais produtoras de leite, geralmente, seguem padrões baseados em princípios que buscam a resolução

de problemas de forma pouco científica e sem identificação correta das causas, apesar do crescimento verificado na bovinocultura de leite brasileira na década de 90.

Ao corroborarem essa idéia, MARCATTI NETO et al. (2004) consideraram a pecuária de leite praticada em território nacional como de baixa eficiência, visto que apresenta, na maioria das vezes, problemas básicos relativos à sanidade, manejo, alimentação dos rebanhos e, principalmente, com a gestão da atividade.

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de profissionalização do produtor, dada a complexidade da realidade atual do setor, com vistas em elevá-lo ao nível de empresário rural, no que diz respeito à administração de seus negócios.

## **1.2. O problema e sua importância**

Os processos realizados em empresas rurais, sobretudo os relacionados com a pecuária leiteira, são dinâmicos, complexos e extremamente inter-relacionados, o que, de certa forma, acaba comprometendo a utilização de métodos de tomada de decisão que não consideram tais características, dificultando, dessa forma, a implementação de uma gerência efetiva.

SILVA (2000), ao estudar o gerenciamento agrícola em empresas rurais produtoras de leite, destacou a falta de estrutura gerencial e o baixo nível de profissionalização, tanto de produtores quanto de funcionários, como alguns dos principais pontos fracos dessas empresas. Além disso, evidenciou o problema relativo ao baixo uso de ferramentas organizacionais e de controle.

Ao atestar tal fragilidade, QUEIROZ (2001) ressaltou que o maior entrave ao desenvolvimento sustentável e competitivo da bovinocultura de leite, no Brasil, são justamente os problemas gerenciais, razão por que recomendou o aprimoramento do processo administrativo dessas empresas antes da mudança de técnica ou sistema de produção, visando a ganhos de escala.

Como alguns dos principais pontos de estrangulamento da produção de leite nacional, GOTTSCHELL et al. (2002) citaram também falhas no sistema administrativo, como a falta de planejamento pecuário e de

gerenciamento tanto do rebanho quanto da estrutura econômica dessas unidades de produção.

Segundo LANA (2002), as propriedades produtoras de leite devem ser tratadas como empresas geradoras de lucro. Reforçou, além disso, a administração eficiente na alocação de fatores de produção como estratégia essencial à adaptação dessas unidades ao aumento da competitividade vivenciado no setor e proporcionado pela abertura comercial.

Para CHINELATO (2004), o êxito na atividade leiteira relaciona-se, diretamente, com o conceito de gerência empregado. Segundo ele, somente por meio da absorção desses conhecimentos por parte dos produtores tornar-se-á factível a redução dos custos, com conseqüente aumento nos rendimentos, mediante manipulação dos fatores de produção.

Como base de todos os processos administrativos, a tomada de decisão deve ser analisada com cuidado. De acordo com VALE (1997), estudos sobre administração rural devem priorizar o apoio à decisão dos gerentes rurais, reduzindo suas incertezas e aumentando, dessa forma, a probabilidade de sucesso em suas atividades.

SALAZAR (1998) também enfatizou a tomada de decisão e citou, como alguns dos elementos responsáveis pelo seu grau de racionalidade, o número de informações disponíveis, a quantidade de alternativas que podem ser analisadas e a consideração das pressões exercidas pelo ambiente interno e externo à organização.

Ademais, a pecuária leiteira, como qualquer outra atividade rural, é caracterizada pelo alto grau de interdependência de seus elementos, o que justifica a necessidade de uma visão sistêmica dessa atividade, dada a dificuldade de antever as conseqüências de decisões tomadas por seus administradores na estrutura física e financeira da empresa.

A dinâmica inerente aos processos realizados nessas empresas rurais acaba por comprometer os resultados obtidos por intermédio de métodos lineares até então utilizados em estudos gerenciais, os quais, apesar de bastante úteis em algumas circunstâncias, servem, muitas vezes, apenas como aproximação inicial.

O uso da metodologia de dinâmica de sistemas mostra-se interessante para modelagem e simulação de explorações agropecuárias, por incorporar na

análise fatores biológicos, físicos, econômicos e sociais, além das defasagens de tempo, tão comuns a esses sistemas.

Dada a importância socioeconômica da pecuária leiteira para o Brasil, torna-se fundamental o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão relacionadas com o setor, principalmente com vistas em dar sustentabilidade ao expressivo crescimento da produção verificado em Minas Gerais. Acredita-se que esses instrumentos possam contribuir para o aprimoramento da competitividade dessas empresas rurais, permitindo sua antecipação e adaptação às novas imposições do mercado.

### **1.3. Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver, com base em uma empresa representativa, um sistema computacional de apoio à decisão em propriedades produtoras de leite, o qual considere as características desse processo produtivo e aproxime do conceito atual de gerenciamento demandado pelo setor.

Especificamente, pretende-se:

- a) Construir e validar um modelo matemático representativo do processo de produção de leite adotado pela unidade de produção;
- b) Criar uma ferramenta computacional de interface visual; e
- c) Simular o comportamento do sistema produtivo dessa unidade, em diferentes cenários selecionados.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Referencial teórico**

As literaturas relacionadas com as áreas de tomada de decisão, desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão, administração estratégica e dinâmica de sistemas são vastas e, por si, justificam a importância na geração de conhecimento científico. Este trabalho não propõe o aprofundamento em cada uma dessas correntes, mas a integração de um conjunto de elementos pertencentes a essas áreas, capaz de auxiliar o processo decisório em propriedade produtoras de leite, tornando-o mais racional e seguro.

#### **2.1.1. Gerenciamento da empresa rural**

HARSH et al. (1981) definiram a administração rural como um processo de tomada de decisões, no qual, muitas vezes, recursos limitados são disponibilizados a várias alternativas de produção, visando ao alcance de objetivos traçados em um mundo cercado de riscos e incertezas.

Na literatura pertinente à área de gerenciamento rural há diversas classificações das funções de um administrador desse setor. No entanto, opta-se pela enumeração descrita por KAY (1986), de que as principais atribuições de um gerente rural são o planejamento, a implementação e o controle.

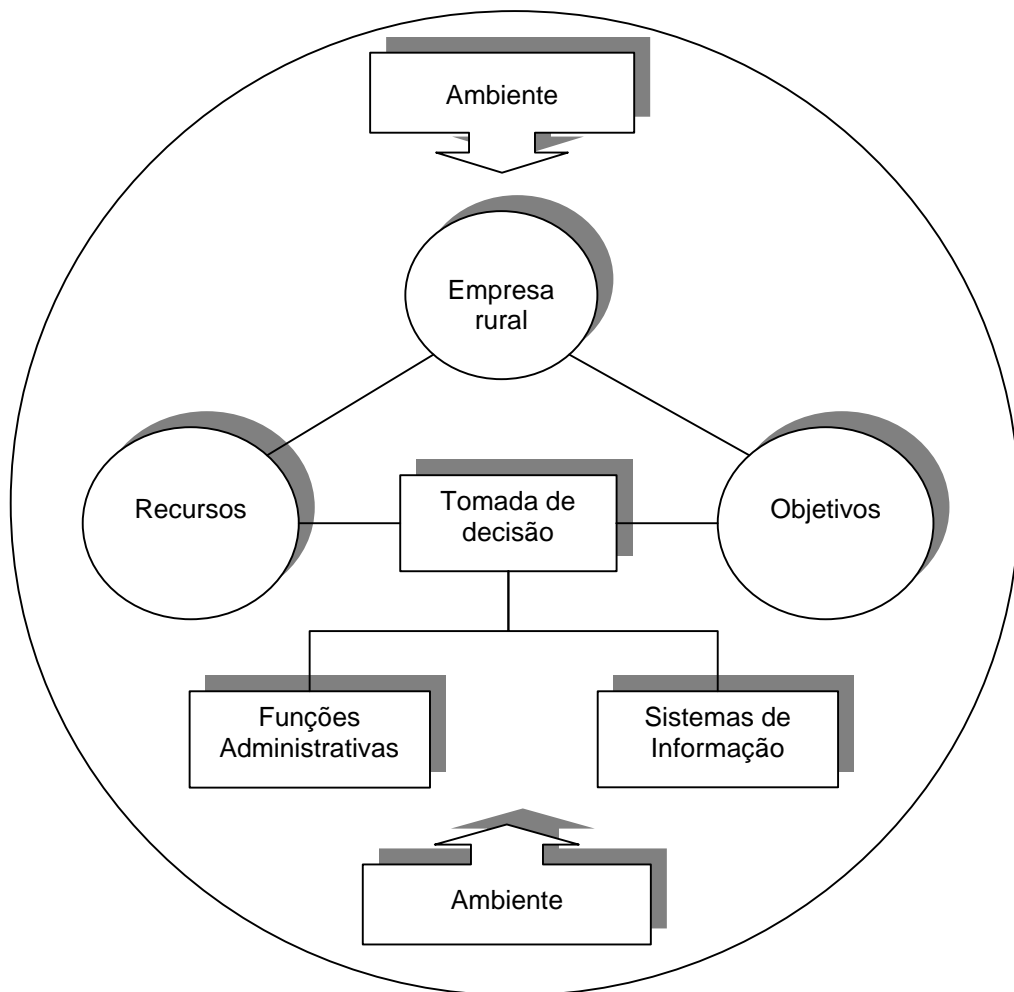
A base de todas essas funções administrativas é o planejamento, por meio do qual se determina o quê, como e quem irá desempenhar as ações necessárias ao alcance de objetivos definidos pela empresa rural.

Em seguida, a implementação é considerada a mais difícil de todas as atribuições gerenciais, devido à estreita relação e, portanto, a influência direta de fatores internos e externos no processo produtivo. Durante o desempenho dessa etapa, o administrador deve ocupar-se da execução do plano selecionado.

Finalmente, com o propósito de verificar se os objetivos estão sendo atingidos, tem-se a função denominada controle. Nessa etapa mensura-se não só o desempenho do plano selecionado, mas também os desvios, com relação ao esperado, durante a fase de planejamento. Vale mencionar que controlar não se refere a simplesmente contabilizar, mas estabelecer amplo processo de comparação entre o acontecido e o esperado, para efetuar as devidas correções.

Para VALE (1995), um processo gerencial é composto pela empresa rural, pelos recursos disponíveis, por objetivos traçados, pela adequada tomada de decisão, pelo desempenho satisfatório das funções administrativas, por eficientes sistemas de informação e, finalmente, pelo ambiente onde se encontra a unidade de produção.

Como elemento fundamental ao processo administrativo tem-se a empresa rural, que pode realizar, simultaneamente, diversas atividades produtivas caracterizadas pela necessidade de gerenciamento de ações.



Fonte: VALE (1995).

Figura 2 - O processo administrativo de empresas rurais.

Essas unidades de produção são, normalmente, dotadas de recursos como, por exemplo, terra, capital e trabalho, na maioria das vezes presentes em quantidades finitas. De posse desses fatores de produção, as referidas empresas, por meio de seus gerentes, procuram atingir objetivos predefinidos. Observa-se que o alcance dos objetivos traçados está condicionado não só à quantidade e à qualidade dos recursos disponíveis na unidade de produção, mas também às ações do administrador rural.

Pelo fato de existirem diferentes maneiras de alocar os fatores de produção, com vistas em alcançar os objetivos definidos, torna-se necessário tomar decisões. Dessa forma, dentre os vários elementos que compreendem o

processo administrativo, destaca-se como ponto primordial a tomada de decisão. Para Thierauf, citado em VALE (1995), o processo gerencial pode ser tratado, basicamente, como tomada de decisão.

De acordo com TURBAN e ARONSON (1998), no princípio da década passada, o processo decisório era fundamentalmente baseado na criatividade, intuição e experiência do administrador, do que em métodos analíticos com caráter científico. Logo, a tomada de decisão era considerada uma arte de benefícios nem sempre satisfatórios.

Atualmente, sabe-se que um processo analítico de decisão eleva a chance de solucionar algum problema porventura identificado, devido ao aumento de informações sobre alternativas de ações e sobre as conseqüências de determinadas decisões na empresa (RESENDE FILHO, 1997).

Ressalta-se que o desempenho das funções administrativas pode ser melhorado por meio da utilização de adequado sistema de informação, subsídio essencial ao sucesso na tomada de decisão (VALE, 1995).

Por fim, o processo administrativo sofre influência significativa do ambiente no qual está inserido. Esse ambiente, caracterizado pela presença de variáveis econômicas, políticas e sociais, apesar de aumentar o grau de dificuldade das decisões, pode contribuir para a identificação de oportunidade de negócios, bastando, para isso, o constante monitoramento de suas alterações por parte dos administradores.

### **2.1.2. O processo de tomada de decisão**

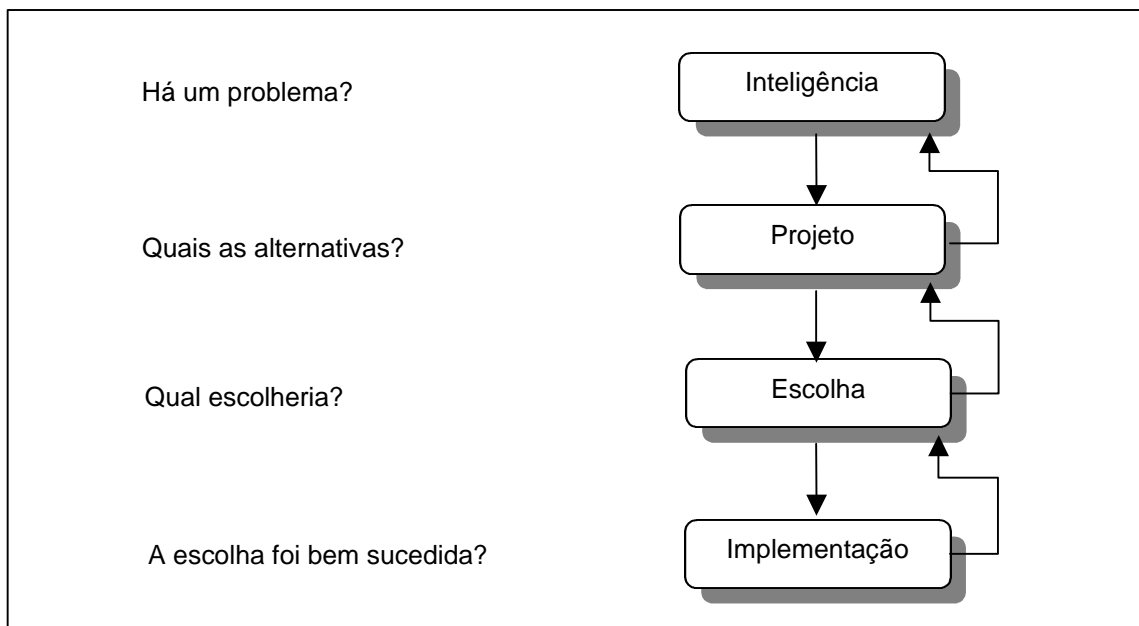
Para KAY (1986), a administração de empresas rurais está intimamente relacionada com a tomada de decisão, já que o gerenciamento dessas unidades pode ser visto como um processo contínuo e dinâmico de escolha de alternativas.

MORECROFT (1994) definiu a tomada de decisão como um processo que se estende ao longo do tempo, no qual novas alternativas são testadas, avaliadas e removidas, seguindo sempre um fluxo de interpretação de resultados.

Um problema de decisão é caracterizado pelas significativas conseqüências de diferentes ações dos administradores na empresa e pela

incerteza a respeito da escolha da melhor alternativa (HARDAKER et al., 1997). Logo, percebe-se a importância do conhecimento do processo decisório por parte dos gerentes de atividades agropecuárias.

De acordo com SIMON (1977), esse processo de tomada de decisão pode ser dividido em quatro etapas: inteligência, projeto, escolha e implementação (Figura 3).



Fonte: Adaptado SIMON (1977).

Figura 3 - Diagrama representativo do processo de tomada de decisão.

Primeiramente, o indivíduo identifica e compreende o problema; em seguida, projeta as possíveis soluções. Procede-se, então, à escolha das diferentes alternativas; implementa determinada opção; e avalia seus efeitos, com vistas em levantar informações para futuras decisões.

Segundo RESENDE FILHO (1997), quanto maior o conhecimento das conseqüências das possíveis alternativas passíveis na solução dos problemas administrativos de empresas rurais e quanto maior o número de opções a serem testadas, maiores serão as chances de as decisões tomadas serem acertadas, desde que seguido um processo analítico de tomada de decisão.

O sistema de apoio à decisão, uma vez desenvolvido, permite a experimentação de quantidade significativa de soluções para os mais diversos problemas que porventura possam estar presentes na atividade leiteira, além da clara visualização de conseqüências dessas decisões nas estruturas física e financeira da empresa.

### **2.1.3. Sistemas de apoio à decisão**

Para TURBAN e ARONSON (1998), um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) é um agrupamento de ferramentas computacionais que utiliza dados e modelos para auxiliar na resolução de problemas administrativos não-estruturados<sup>8</sup>.

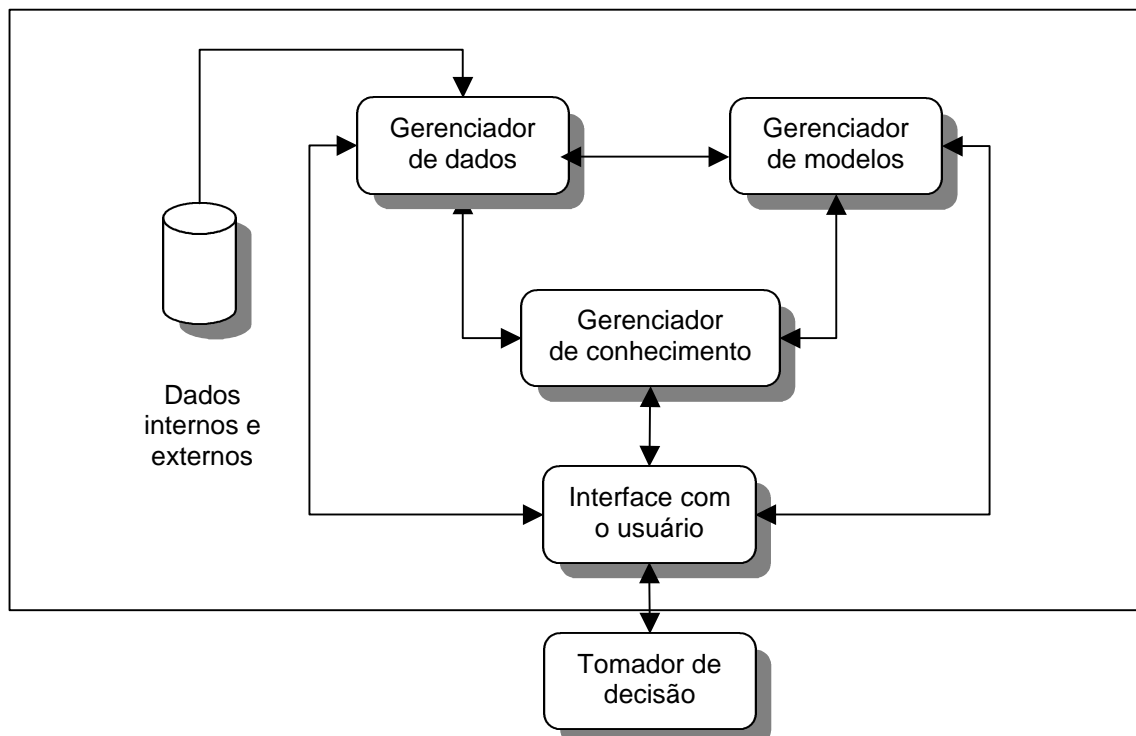
Esses sistemas promovem o aumento da eficácia das decisões, podendo até mesmo reduzir ou eliminar o custo de decisões erradas, já que permitem a experimentação rápida e objetiva de diferentes cursos de ação, resultantes de alterações no ambiente onde o tomador de decisão se encontra.

Os SADs são, normalmente, compostos por um gerenciador de dados, um gerenciador de modelos, um gerenciador de conhecimento e um sistema de comunicação – interface – com o usuário (Figura 4).

O primeiro componente é responsável pela manipulação dos dados necessários ao funcionamento do SAD; o segundo constitui-se de procedimentos – em geral matemáticos – responsáveis pela capacidade analítica dos SADs; o gerenciador de conhecimentos, por sua vez, transforma os dados processados pelos modelos em informações; finalmente, a interface com o usuário permite o comando do SAD pelo tomador de decisão.

---

<sup>8</sup> Um problema não-estruturado é caracterizado pela ausência de procedimentos predefinidos para solucioná-lo.



Fonte: Adaptado de TURBAN e ARONSON (1998).

Figura 4 - Visualização esquemática dos componentes básicos de um sistema de apoio à decisão.

Os modelos, como um dos principais elementos constituintes dos SADs, devem ser entendidos como uma representação explícita de parte da realidade, com a finalidade de compreendê-la, gerenciá-la e controlá-la (PIDD, 1996). Portanto, um modelo sempre será uma representação simplificada do mundo real, cujo intuito é descrever um problema específico, e são essas simplificações que os tornam usuais ao apoio à decisão (TURBAN e ARONSON, 1998).

Deve-se destacar que os SADs não substituem o julgamento de especialistas humanos, visam, portanto, contribuir para o aumento da qualidade das decisões tomadas em ambientes complexos. Segundo Pietersma et al., citados em ASSIS et al. (2001), com a intensificação dos sistemas de produção de leite, o processo de tomada de decisão tem demandado modernos sistemas de informações capazes de apoiar o desempenho de funções administrativas mais relevantes, como planejamentos de curto e longo prazos, ao invés de simples monitoramento de rebanhos.

#### **2.1.4. Administração estratégica no contexto da tomada de decisão**

Define-se planejamento como o aprimoramento sistemático das informações necessárias ao processo de tomada de decisão<sup>9</sup>. Esse aprimoramento é conseguido pela análise das conseqüências futuras das alternativas presentes, bem como pelo impacto de eventos futuros no sistema atual. Logo, pode ser visto como uma forma segura de antecipar o futuro e preparar-se para enfrentá-lo.

A empresa rural possui características singulares que as diferenciam das demais, como, por exemplo, a dependência do tempo em seus processos biológicos, as influências climáticas, o alto custo de decisões erradas, dentre outras. Essas características tão peculiares reforçam a necessidade de uma gerência diferenciada que se aproxime, portanto, dos princípios de uma administração estratégica.

Administrar estrategicamente significa monitorar, constantemente, o comportamento do ambiente, de forma a antecipar os efeitos de suas mudanças e adequar a empresa aos novos requisitos. A única certeza que se tem é que o futuro é incerto, razão pela qual a empresa moderna deve preparar-se para ele, como forma de evitar surpresas desagradáveis.

A administração estratégica preocupa-se, sobretudo, com o futuro da organização, buscando orientar as ações da empresa que estão sujeitas às limitações e influências de vários fatores, com vistas em sobreviver num ambiente futuro. Portanto, nada mais coerente do que tratar a gerência das unidades de produção segundo essa ótica (SETTE, 1999).

Como forma eficaz de implementar a administração estratégica, TAVARES (1991) propôs uma estrutura geral para o planejamento estratégico, constituída pela definição da missão da empresa, análise do ambiente interno e externo, elaboração de políticas e objetivos, seleção de estratégias, formulação de metas, elaboração de orçamento, definição de parâmetros de avaliação, formulação de sistema de gerenciamento de responsabilidade e, finalmente, implantação seguida de avaliação.

---

<sup>9</sup> Jentsch, citado por JOHNSON e PAEZ (1995:8).

O sistema de apoio à decisão, proposto neste estudo, possibilita a simulação de diferentes cenários com que a empresa rural poderá se deparar no futuro, dando, portanto, condições de identificar tanto oportunidades de negócios quanto pontos fracos e fortes do sistema produtivo, em face das alterações no ambiente, razão pela qual constitui instrumento primordial de planejamento estratégico da atividade leiteira.

#### **2.1.5. O pensamento sistêmico**

Segundo RODRIGUES (1996), o processo de tomada de decisão em sistemas de produção de leite, por mais elementar que seja, caracteriza-se por elevado nível de dificuldade, em razão da complexidade e da inter-relação dos parâmetros envolvidos. Dessa forma, em sua modelagem deve-se considerar o sistema produtivo como um todo, incluindo fatores tecnológicos, biológicos e econômicos.

YAMAGUCHI e CARNEIRO (1997) ressaltaram a importância de desenvolver um mecanismo capaz de processar, conjuntamente, informações de natureza física, zootécnica e financeira, com a finalidade de subsidiar o processo decisório na atividade leiteira, marcada pela ocorrência de eventos sucessivos ao longo do tempo. Logo, evidencia-se a necessidade de estudos gerenciais que se aproximem dessa realidade e que tenham características inerentes a esses sistemas produtivos.

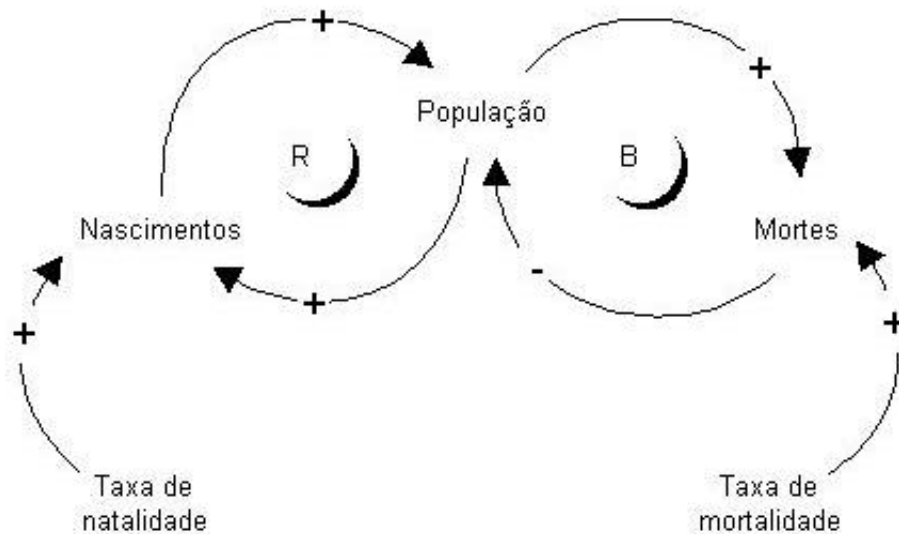
Métodos tradicionais de gerenciamento, apesar de úteis em algumas circunstâncias devido às suas simplificações e até mesmo à falta de informação, limitam a compreensão da realidade complexa desses sistemas de produção e de sua relação com outros sistemas, o que torna, portanto, questionável a veracidade de seus resultados.

De acordo com SENGE (1990), a incapacidade humana de compreender e analisar sistemas complexos é uma das principais causas de grande parte dos problemas verificados na sociedade. Todavia, esse autor procurou contornar tal inconveniente, utilizando-se técnicas de abordagem sistêmica.

Essas técnicas fundamentam-se em modelos mentais que representam, de maneira geral, o conjunto de crenças, teorias, conhecimentos

e pressuposições de cada indivíduo com relação ao funcionamento desses sistemas.

Na explicitação desses mapas mentais utilizam-se, normalmente, diagramas de influência (Figura 5), os quais são constituídos por relações de causa e efeito entre as principais variáveis do sistema, bem como pelas estruturas de *feedback* responsáveis por sua dinâmica.



Fonte: Adaptado de FORD (1999).

Figura 5 - Diagrama de influência que representa a dinâmica de crescimento de uma população qualquer de indivíduos.

As setas indicam a direção da causalidade, enquanto os sinais mostram se os efeitos estão no mesmo sentido, ou não. Assim, de acordo com a Figura 5, quanto maior a taxa de natalidade, maior o número de nascimentos ocorridos em determinado período de tempo.

Seqüencialmente, os círculos indicam a ocorrência de *feedback*, que pode ser de reforço (R) ou de balanço (B). O primeiro caso é responsável por ciclos de crescimento ou decrescimento da população, enquanto o segundo procura manter a inércia do sistema.

Segundo AVELLAR (2002), a principal contribuição dos diagramas é que eles permitem discussões entre indivíduos a respeito de opiniões conflitantes acerca de determinados problemas, possibilitando a identificação de suas divergências e melhorando, portanto, o entendimento da realidade.

Para LOURENZANI (2001), esse método procura visualizar as principais relações existentes entre os elementos componentes de um sistema e também auxilia na descoberta de soluções de longo prazo, além de permitir a diferenciação das causas e sintomas de problemas.

Logo, a modelagem, seguindo os preceitos do pensamento sistêmico, torna-se um instrumento potencial tanto para a representação quanto para o entendimento de sistemas complexos e suas inter-relações.

No entanto, apesar de os diagramas de influência permitirem a identificação e organização dos fundamentais componentes de um sistema, de maneira simples e clara, não consideram a precisão e, ou, o nível em que este é afetado. Para isso, utilizam-se técnicas de modelagem matemática presentes em modelos computacionais, elaborados com base nos princípios de dinâmica de sistemas.

WIAZOWSKI (2000), ao avaliar a aplicabilidade da metodologia de dinâmica de sistemas na modelagem da cadeia produtiva de bovinos de corte, com a finalidade de analisar diferentes mecanismos de coordenação vertical desta, concluiu que essa metodologia conduz a um constante aprendizado a respeito do problema e permite a incorporação de aspectos físicos, biológicos, econômicos e sociais, além de defasagens de tempo e estruturas de *feedback*, aumentando, assim, a compreensão do comportamento do sistema.

Em outra pesquisa, realizada com o intuito de observar o comportamento de variáveis físicas e financeiras de um laticínio de pequeno porte diante de sua estratégia de comercialização, AVELLAR (2002), ao utilizar também o método de dinâmica de sistemas, constatou a mobilidade do modelo desenvolvido, por permitir a avaliação de diversos cenários por meio da simples alteração de seus parâmetros.

NARDELLI (2001), ao estudar o ambiente empresarial do setor florestal brasileiro e buscar identificar estratégias de melhoria no seu desempenho, utilizou, dentre outras, técnicas de pensamento sistêmico e observou que o

modelo permitiu descrever o comportamento esperado do sistema e identificar novas propostas de estudos.

Como alternativa às análises tradicionais de risco na avaliação da implantação de empreendimentos agroindustriais de pequeno porte, LOURENZANI (2001) desenvolveu um modelo de simulação dinâmica. Observou, mediante simulação de diferentes cenários, que o modelo é capaz de orientar, de forma estratégica e dinâmica, a avaliação e o gerenciamento desse tipo de empreendimento.

## **2.2. Modelo analítico**

Distinta de outras metodologias que focalizam uma condição futura ideal para o sistema, a dinâmica de sistemas revela como chegar ao presente, para, a partir daí, identificar os caminhos que conduzem à sua melhoria, por meio da observação das dificuldades causadas pelo sistema (FORRESTER, 1994).

Segundo PIDD (1996), os sistemas dinâmicos podem ser utilizados tanto para reforçar a importância da realimentação porventura presente nos sistemas quanto para compreender seu comportamento e auxiliar na identificação de melhores formas de conduzi-los, mediante análise das conseqüências provocadas por diferentes ações.

STERMAN (2000) apontou algumas vantagens no uso da metodologia de dinâmica de sistemas, entre as quais a possibilidade de estudar relações entre macro e microestruturas e seus efeitos sobre o sistema; a modelagem e resolução de problemas reais que incorporam elementos físicos, biológicos e econômicos; e a melhoria do desempenho do sistema pela experimentação.

Para FORD (1999), o processo de modelagem de dinâmica de sistemas compreende as seguintes etapas: familiarização com o sistema em estudo, delimitação do problema a ser tratado, elaboração dos diagramas de influência e identificação das realimentações, construção de diagramas de estoque e fluxo, estimativa dos parâmetros do modelo, simulação e

comparação dos resultados com a realidade, realização de análises de sensibilidade e avaliação do impacto de novas políticas<sup>10</sup>.

FORRESTER (1961) descreveu os seguintes passos a serem seguidos no desenvolvimento de um modelo de dinâmica de sistemas: identificação do problema a ser estudado, bem como das questões a serem respondidas, estabelecimento das inter-relações dos elementos do sistema, descrição do problema em linguagem matemática, simulação do modelo, interpretação dos resultados<sup>11</sup>, revisão do sistema e experimentação<sup>12</sup>.

Independente da forma de elaborar tais modelos, deve-se ter em mente onde se deseja chegar e quais caminhos conduzirão a um sistema composto por variáveis essenciais à representação da realidade em estudo.

Há vários *softwares* disponíveis no mercado para conversão de diagramas de influência em modelos computacionais, como, por exemplo, *Powersim*, *IThink* e *Vensim*. Há variações de simbologias entre eles, porém são apresentados e discutidos, a seguir, os ícones presentes no aplicativo *Powersim 2.5c*, utilizado na construção do modelo desenvolvido neste trabalho (Figura 6).

De acordo com os autores da área de dinâmica de sistemas, qualquer sistema presente no mundo real pode ser representado por duas únicas estruturas denominadas estoques e fluxos. Os estoques, por não variarem instantaneamente, são responsáveis pela descrição do comportamento do sistema, e os fluxos, de outra forma, são as variáveis que estão sempre conduzindo o sistema ao seu estado futuro.

No *software* referido, os estoques representam as variáveis que são acumuladas no sistema, decorrente da diferença entre os fluxos de entrada e de saída, tratados como reservatórios.

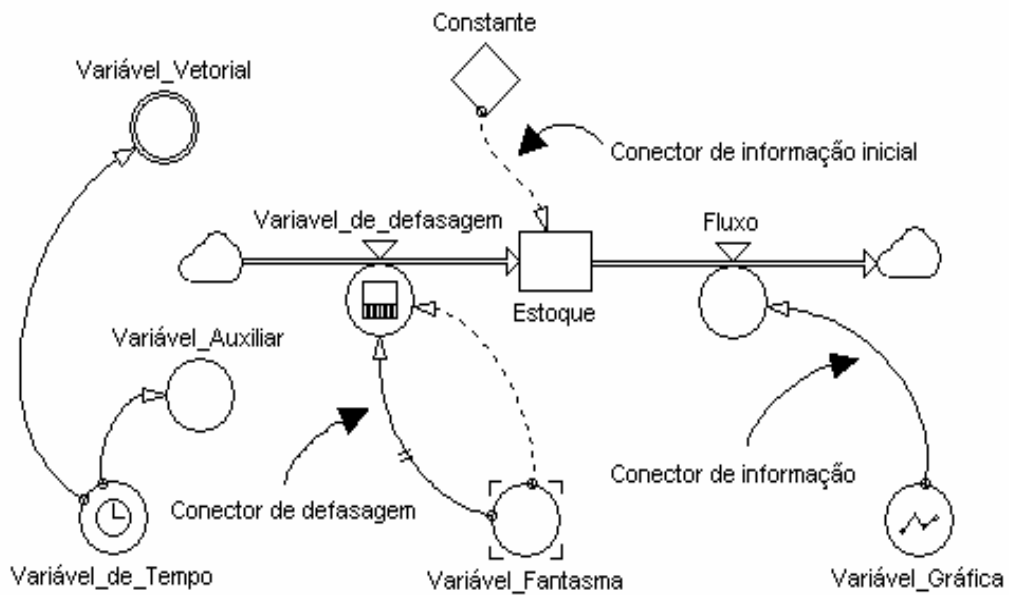
As variáveis de fluxo são responsáveis pela alteração dos estoques ao longo do tempo, descritas por equações algébricas. Podem apresentar, em sua extremidade, uma nuvem, que representa o limite externo do modelo.

---

<sup>10</sup> Entende-se por política as regras que determinam a decisão a ser tomada.

<sup>11</sup> Segundo este autor, embora essa metodologia possa ser utilizada para verificar possíveis resultados futuros de estratégias específicas, ela não tem o objetivo de realizar previsões.

<sup>12</sup> Coerentes os resultados obtidos da simulação, buscam-se alternativas que possam melhorar o comportamento do sistema.



Fonte: WIAZOWSKI (2000).

Figura 6 - Simbologia utilizada na representação das variáveis presentes no software Powersim 2.5c.

Como variáveis complementares têm-se as auxiliares, que, normalmente, são usadas em manipulações algébricas, possuindo, portanto, valores baseados em outras variáveis, representadas por círculos, cujo aspecto varia de acordo com a função a ser exercida.

Nesse sentido, as variáveis temporais, por exemplo, têm valores associados ao tempo de simulação, podendo efetuar cálculos com base em informações defasadas no tempo, sendo chamadas, nesse caso, de variáveis de defasagem.

Já as variáveis “fantasmas”, por sua vez, são cópias de outras e visam facilitar a construção e visualização do modelo. Com esse objetivo, utilizam-se também variáveis vetoriais, que representam elementos sujeitos a ações semelhantes.

Finalizando a descrição dos ícones utilizados na construção dos modelos dinâmicos, podem-se mencionar as constantes, que são representadas por um losango, e os elementos responsáveis pela transmissão

de informações, que, dependendo da característica desta última, podem ser classificados em conector de defasagem, informação inicial e informação.

Ressalta-se que, dadas as características das etapas de elaboração de modelos segundo as técnicas de dinâmica de sistemas, procede-se à descrição detalhada do conjunto de variáveis e de suas relações no modelo efetivamente utilizado, durante a seção 2.5, apresentada a seguir.

Essa prática decorre da necessidade, ao longo do processo de modelagem, de rever continuamente os parâmetros pertinentes, até tornar possível o estabelecimento do conjunto final de variáveis.

### **2.3. Descrição da área de estudo**

Dado o expressivo crescimento da bovinocultura de leite na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, optou-se por selecionar, para estudo, uma unidade de produção pertencente a essa localidade, como forma de auxiliar o processo administrativo dessas empresas produtoras de leite.

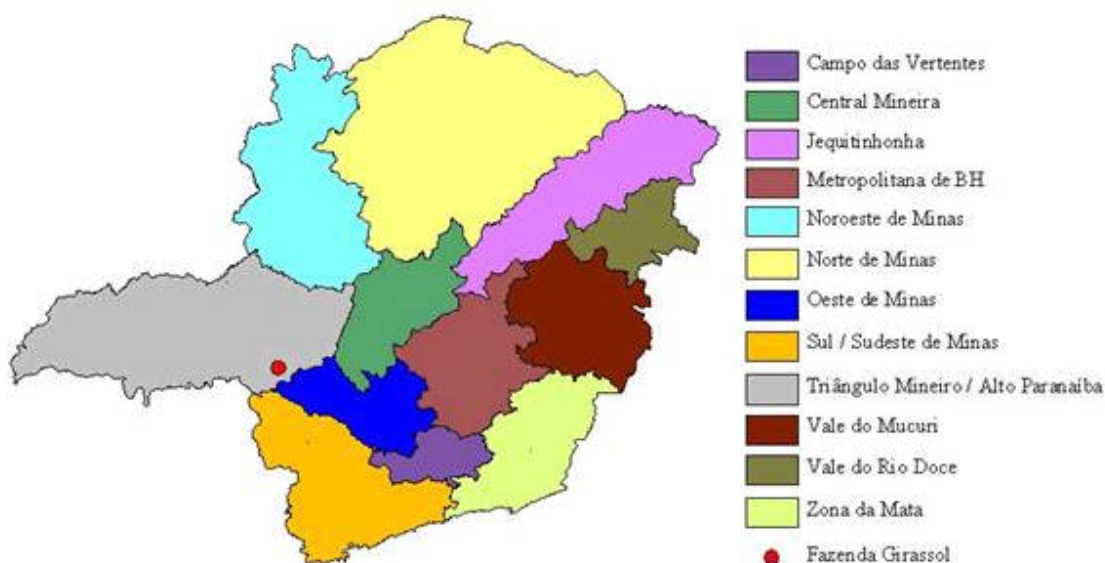
Assim, escolheu-se a Fazenda Girassol, situada no município de Perdizes, a 20 km de Araxá-MG, visto que nela é possível realizar todas as etapas do processo produtivo de leite, além de dispor de informações tanto quantitativas quanto qualitativas, para que não se comprometessem os resultados deste trabalho (Figura 7).

A referida unidade de produção de leite possui área total de 305 ha, sendo 223 ha efetivamente utilizados na pecuária de leite. A área de pastagens é constituída de 197 ha, formados de “braquiária”, “braquiarião” e “tanzânia”, e de 6,5 ha de pastagens nativas em topografia regular. Possui, ainda, 20 ha destinados ao plantio de milho para silagem.

O rebanho é formado por animais de 1/2 a 15/16 de sangue holandês x zebu<sup>13</sup>. No período de janeiro de 2003 a dezembro de 2003, o número médio de vacas do rebanho era de 126 cabeças, com média de 97 vacas em lactação, que correspondem a 118 UA. A produção diária de leite, nesse período, foi de 1.256 litros, com produtividade média anual de 12 litros/dia/vaca em lactação.

---

<sup>13</sup> Nomenclatura utilizada para representar os diferentes graus de sangue decorrentes de vários cruzamentos realizados entre as raças distintas de animais.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em mapas do IBGE ([www.ibge.gov.br/servidordemapas](http://www.ibge.gov.br/servidordemapas)), 2004.

Figura 7 - Localização da unidade de produção de leite considerada neste estudo.

As vacas em lactação são suplementadas durante todo o ano com concentrado, sendo o arração realizado de acordo com a produção individual.

No período das secas – maio a outubro – as vacas são confinadas, e a alimentação é reforçada com silagem de milho. Já nas águas – novembro a abril – não há suplementação de volumosos e realiza-se o pastejo rotacionado, ocasião em que as vacas permanecem um dia em cada piquete.

A unidade de produção utiliza ainda técnicas como inseminação artificial, desmama precoce de bezerras e descarte de bezerros ao nascer.

#### 2.4. Fonte de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram do tipo primário e obtidos diretamente da unidade de produção de leite, tomada como estudo de caso.

Os parâmetros necessários à construção do modelo representativo da estrutura física de produção da empresa foram obtidos de fichas de controle

produtivo e reprodutivo do rebanho. Já os parâmetros usados para a modelagem da estrutura financeira da empresa foram obtidos de registros contábeis da empresa e de planilhas de controle de custos de produção.

## **2.5. Dinâmica de sistemas na bovinocultura de leite**

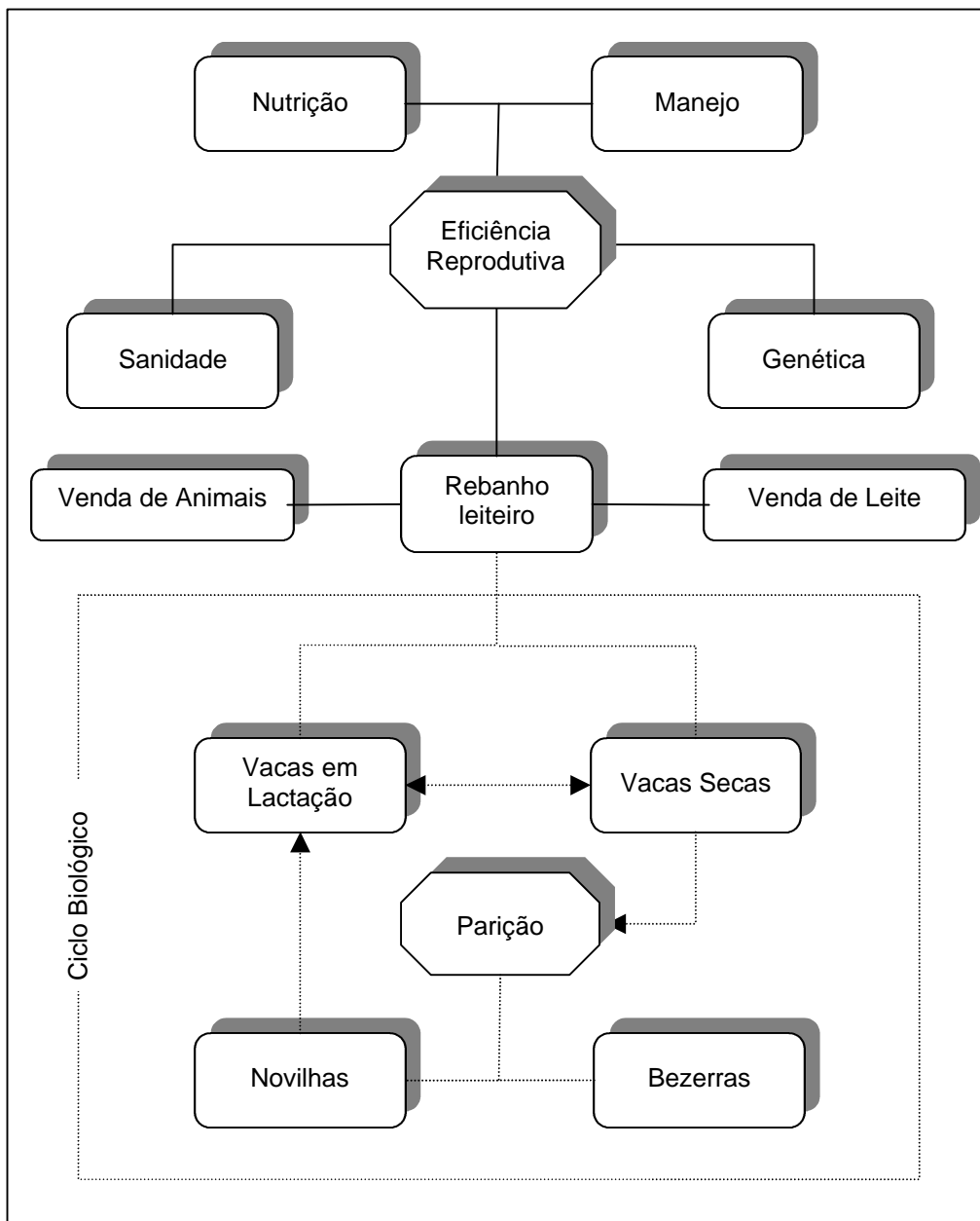
No sistema de apoio à decisão, proposto para análise da tomada de decisão na bovinocultura de leite, o principal componente é um modelo de dinâmica de sistemas, que, conforme visto anteriormente, se aproxima das características do processo produtivo em estudo. Esse modelo constituiu-se de três estruturas – uma física, uma financeira e outra de investimentos, todas discutidas detalhadamente ao longo desta seção. Com vistas em facilitar a compreensão, procurou-se apresentar o fluxograma tomado como referência na construção dos diagramas de influência e na posterior elaboração dos modelos matemáticos.

### **2.5.1. Abordagem sistêmica da bovinocultura de leite**

Como ponto de partida para construção dos diagramas de influência representativos da atividade de pecuária de leite, utilizou-se o fluxograma descrito segundo a percepção de GOTTSCHALL et al. (2002) (Figura 8).

Nota-se, no referido fluxograma, que os níveis dos fatores nutrição, manejo, sanidade e genética determinaram a eficiência reprodutiva do rebanho. Dentre estes quatro elementos, somente o nível de nutrição pode ser tratado de forma quantitativa, enquanto os demais possuem caráter estritamente qualitativo.

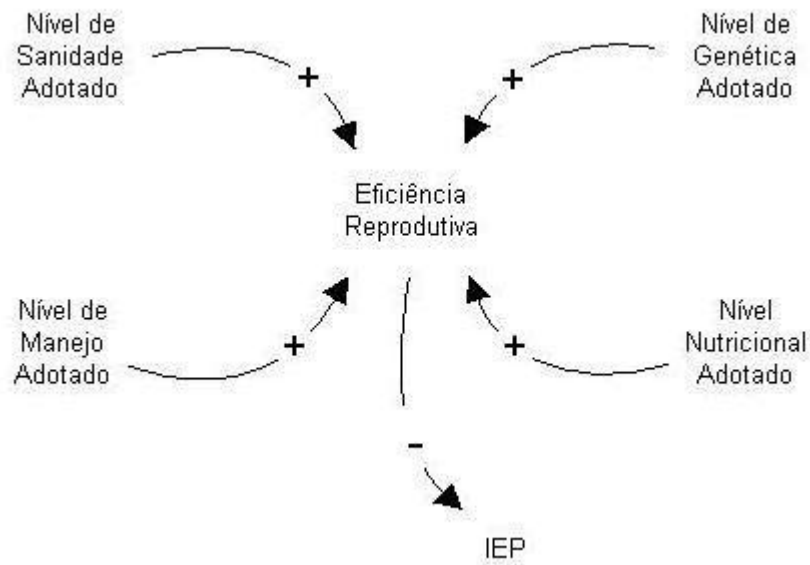
Na Figura 8, as linhas pontilhadas representam os eventos desencadeados pelo ciclo biológico dos animais. Percebe-se que a eficiência reprodutiva tem papel fundamental nesse ciclo, visto que determina o número de partos ocorridos ao longo do tempo, que, por sua vez, dará origem ao processo de reposição do rebanho pela substituição de vacas por novilhas geradas no próprio sistema.



Fonte: Adaptado de GOTTSCHALL et al. (2002).

Figura 8 - Fluxograma representativo da atividade de pecuária de leite.

O processo produtivo torna-se ainda mais dependente do fator reprodução, caso se considere seu reflexo direto no valor da produção gerada nessa atividade, relacionado com venda de leite ou com animais. Assim, explicitaram-se os determinantes da eficiência reprodutiva do rebanho por meio do diagrama de influência apresentado na Figura 9.



Fonte: Dados da pesquisa.

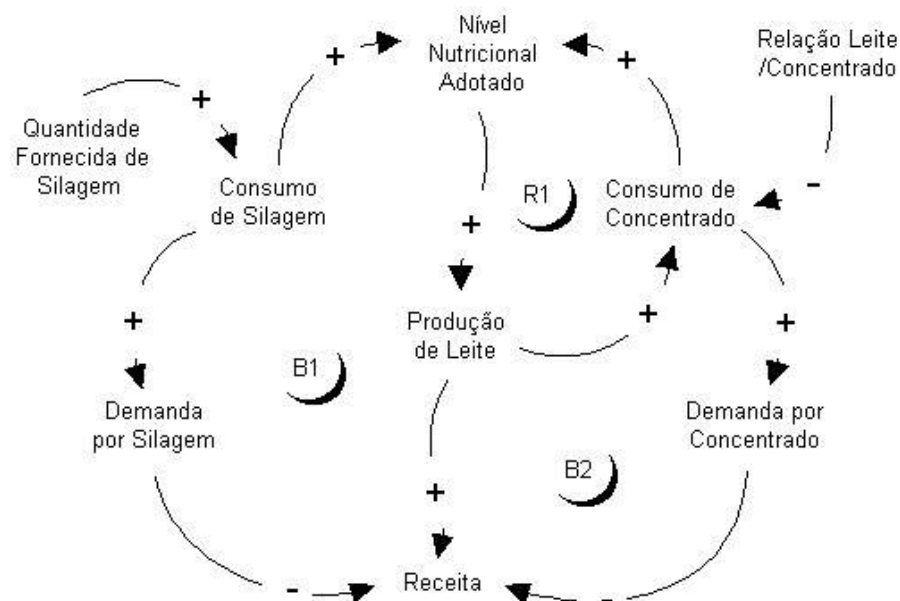
Figura 9 - Diagrama de influência representativo dos determinantes da eficiência reprodutiva do rebanho leiteiro.

Observa-se, na Figura 9, a relação direta existente entre os níveis de nutrição, manejo, sanidade e genética adotados e o fator reprodução. Dessa forma, quanto melhores forem esses níveis, melhor será a eficiência reprodutiva alcançada pelo rebanho; por outro, o intervalo entre partos (IEP)<sup>14</sup>, índice zootécnico utilizado para expressar a eficiência reprodutiva, apresenta relação inversa, ou seja, quanto maior a eficiência reprodutiva obtida, menor o IEP do plantel.

Dado o caráter quantitativo do nível nutricional adotado, optou-se pela explicitação de seus determinantes, com a finalidade de aprimorar o modelo físico de produção (Figura 10).

Considerando-se que o período das secas caracteriza-se pela necessidade de suplementação do rebanho, determinou-se o nível nutricional adotado com base na alimentação fornecida nesse período. Caso essa suplementação não fosse adequada, seus reflexos seriam percebidos durante todo o ano.

<sup>14</sup> Período de tempo existente entre duas parições sucessivas, normalmente medido em meses.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 10 - Diagrama de influência que representa os determinantes do nível nutricional adotado pela unidade de produção.

Para uma mesma dimensão de plantel, quanto mais estreita a relação Leite/Concentrado<sup>15</sup> utilizada, melhor o nível nutricional alcançado e, por conseguinte, maior a produção de leite obtida (R1). No entanto, tal decisão implica maior demanda de concentrado, o que, conseqüentemente, retrai a receita total (B2). O mesmo raciocínio aplica-se à quantidade fornecida de silagem nesse período crítico (B1). Ressalta-se, além disso, a influência do fator nutrição na reprodução, conforme visto inicialmente.

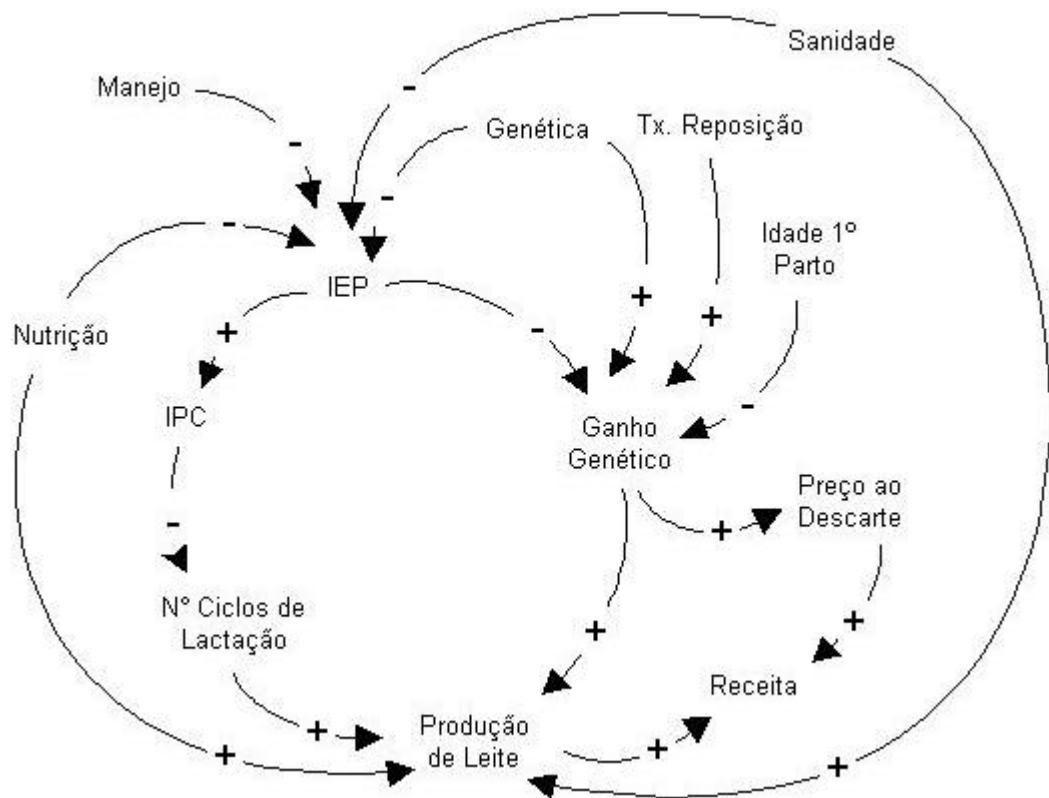
Portanto, respeitada a fisiologia do plantel, maiores quantidades de alimentos fornecidos resultam em melhor produção e reprodução, embora ocorra redução da receita, em razão do aumento de demanda desses insumos. Cabe ao tomador de decisão encontrar o equilíbrio entre esses fatores de produção.

<sup>15</sup> Representa a relação entre a quantidade de leite produzido e a quantidade de concentrado fornecida às vacas em lactação.



De outra forma, segundo no sentido de neutralizar o crescimento do rebanho existem os *loops* de balanço B3 e B4. O primeiro se estabelece pela taxa de mortalidade de bezerras e acaba, por si, gerando o *loop* de reforço R3, que efetivamente reduz o rebanho em conjunto com B4, que se estabelece pela venda das novilhas que não são necessárias à renovação do plantel.

Com o propósito de analisar os efeitos da eficiência reprodutiva na receita gerada pela venda de leite e de animais, elaborou-se o diagrama de influência descrito na Figura 12.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12 - Influência da eficiência reprodutiva na receita gerada pela atividade de bovinocultura de leite.

Observa-se que quanto menor o IEP, maior o número de lactações de uma mesma vaca em determinado período de tempo, o que resulta em maior produção de leite, definindo-se, portanto, a influência direta do fator reprodução na receita do leite. Percebe-se ainda que, no longo prazo, quanto menor o IEP, maior o ganho genético obtido em razão da maior rotatividade do rebanho, conjuntamente ao uso da técnica de inseminação artificial<sup>18</sup>, estabelecendo-se, dessa maneira, a rota indireta de elevação da produção e renda do leite via eficiência reprodutiva.

Como forma alternativa de incrementar o resultado financeiro do leite, tem-se o aumento da taxa de reposição, que, mesmo em sistemas deficientes do ponto de vista reprodutivo, pode resultar em maior ganho genético no futuro, pelos mesmos motivos descritos anteriormente. A idade ao primeiro parto também se relaciona com tal benefício, uma vez que, quanto menor seu valor, menor o período de tempo necessário para que a novilha expresse seu potencial de produção adquirido no melhoramento genético realizado.

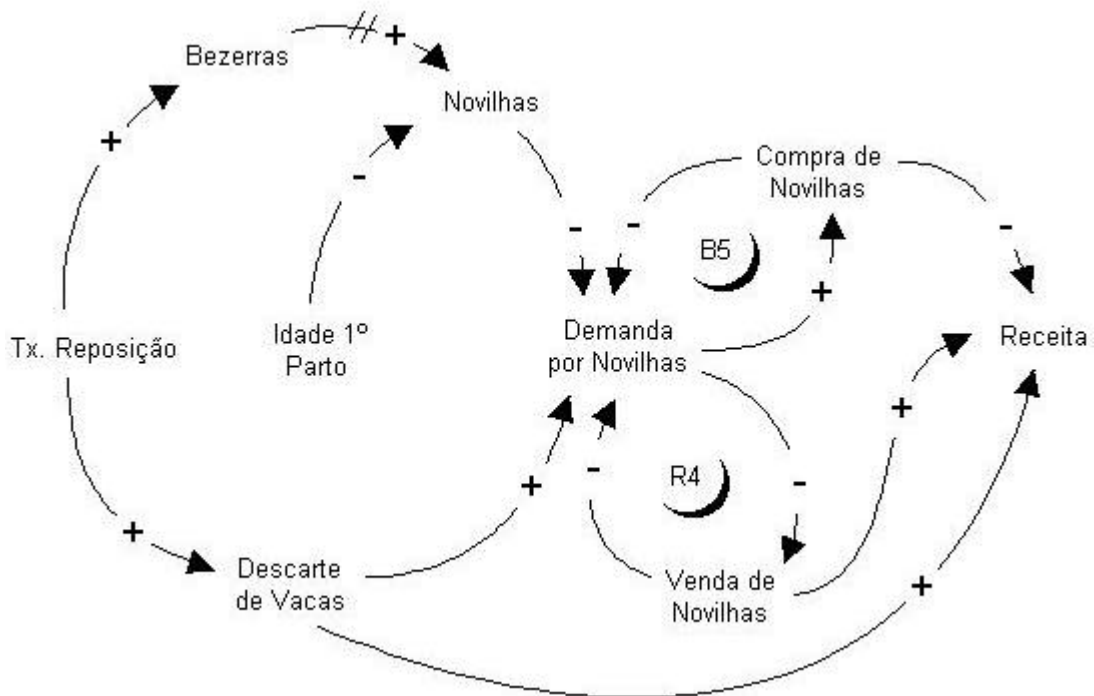
Além da influência benéfica que a eficiência reprodutiva propicia à produção e renda do leite, ela ainda interfere na decisão sobre o preço de venda dos animais, já que este pode deixar de ser interessante, do ponto de vista produtivo do sistema, sendo, no entanto, atraente para o mercado. Em outras palavras, o animal poderá ser inadequado ao padrão produtivo do rebanho, mas adequado a outro processo produtivo menos exigente.

O diagrama de influência, na Figura 12, apresenta novidades de alguns determinantes da eficiência reprodutiva. Nesse sentido, percebe-se a relação direta existente entre os níveis de nutrição e sanidade adotados e a produção de leite. Naturalmente, em rebanhos bem nutridos e saudáveis espera-se maior potencial de produção dos animais.

No final da análise sistêmica do processo produtivo da pecuária leiteira explicitaram-se as relações estabelecidas pela realização da renovação do rebanho, obtida por meio da adoção de determinada taxa de reposição, conforme o diagrama de influência ilustrado na Figura 13.

---

<sup>18</sup> Em rebanhos sob inseminação artificial espera-se que a filha seja sempre melhor do que a mãe, no que se refere à produção de leite.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 13 - Influência da taxa de reposição na renovação do rebanho leiteiro.

Nota-se que, tudo o mais constante, quanto maior a taxa de reposição adotada, maior o descarte de vacas e, por conseguinte, maior a receita. Essa renovação elevada do plantel causa dois efeitos sobre a demanda de novilhas. O primeiro implica maior reposição, o que aumenta, dessa maneira, o número de bezerras nascidas e, futuramente, a quantidade de novilhas geradas, respeitada a idade à primeira cria desses animais. De outra forma, o segundo se refere ao fato de a maior renovação do rebanho provocar elevação da necessidade de reposição, o que acaba afetando diretamente a demanda de novilhas. Pelas relações explicitadas, pode-se dizer que a adoção de determinada taxa de renovação origina os *loops* R4 e B5.

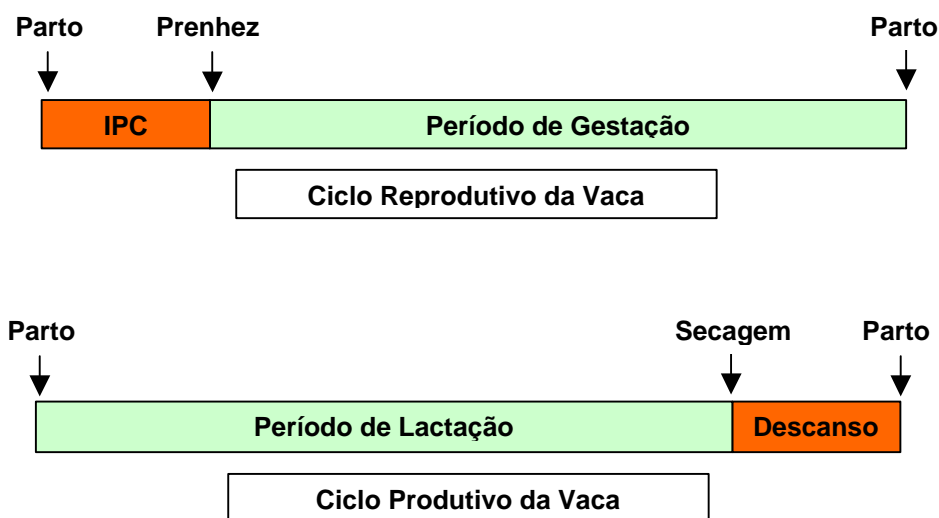
O *loop* R4, mediante decisões com respeito à venda de novilhas, determina o efeito desencadeado pela variação da demanda desses animais sobre a receita da atividade. De forma semelhante, o *loop* B5 também mede a influência na renda da exploração, ocasionada por alterações na referida demanda, considerando, no entanto, as decisões relativas à compra desses animais. Vale ressaltar que a intensidade da influência desses ciclos na receita

da atividade leiteira depende, também, da combinação dos demais índices zootécnicos do plantel.

### 2.5.2. Descrição do modelo dinâmico relacionado com estrutura física da unidade de produção de leite

Com base nos diagramas de influência ilustrados na seção anterior, elaborou-se o modelo físico representativo da bovinocultura de leite praticada na unidade de produção selecionada. Esse modelo constituiu-se de cinco componentes principais: ciclo produtivo das vacas, produção de leite, produção de novilhas para reposição, renovação do rebanho e alimentação.

O ciclo produtivo das vacas resulta de seu próprio ciclo reprodutivo, sendo, portanto, ormalmente caracterizado pelo início da lactação no momento do parto, seguindo-se a produção de leite paralelamente à gestação até a secagem e posterior descanso do animal<sup>19</sup>, de acordo com a Figura 14.



Fonte: Dados da pesquisa.

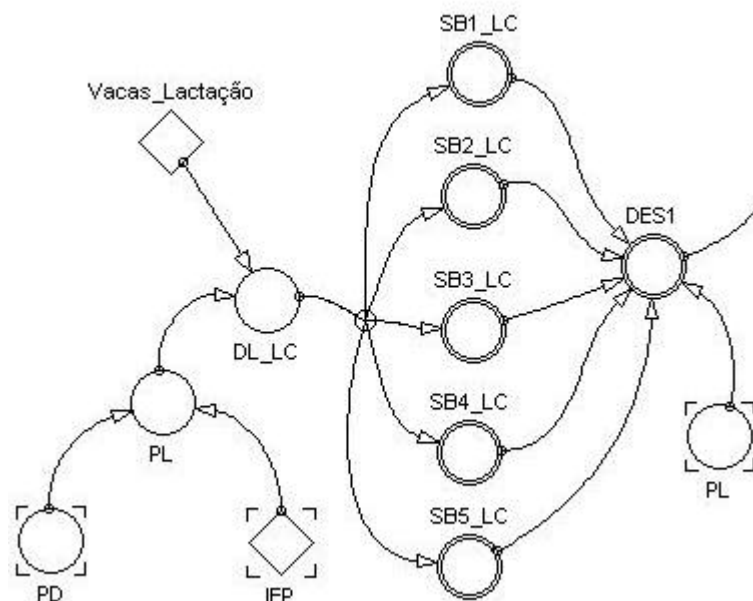
Figura 14 - Representação dos ciclos reprodutivo e produtivo de vacas leiteiras.

<sup>19</sup> Conhecido também como período de descanso, visa à sua recuperação para o próximo ciclo de produção.

Observa-se que, para dado intervalo entre partos (IEP) fixo, modelar o ciclo produtivo implica modelar indiretamente o ciclo reprodutivo. Por isso, optou-se por representar diretamente o primeiro e ter posteriormente, como resultado, a produção conjunta de leite e bezerros do sistema em um único modelo.

Em virtude das diferentes categorias de animais presentes na unidade de produção, criaram-se ciclos produtivos correspondentes a cada um desses grupos, os quais se dividem em vacas em lactação, vacas secas e novilhas de reposição.

Como dito anteriormente, o primeiro grupo representa as vacas em lactação presentes na unidade de produção. Essa realidade apresenta animais em posições diferentes de seu período de lactação, o que implica, portanto, secagens de vacas em momentos distintos do tempo. Para considerar tal fato, procedeu-se à modelagem apresentada na Figura 15.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 15 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da variabilidade de posições ao longo do período de lactação do grupo de vacas em lactação.

Como não se conhecia o momento exato em que cada vaca iniciou a lactação, dividiu-se o número atual de vacas lactantes pelo período de lactação correspondente ao IEP médio do rebanho, o que possibilitou a formação de subgrupos entre as vacas em lactação (**DL\_LC**)<sup>20</sup>. Em seguida, as variáveis auxiliares de **SB1\_LC** até **SB2\_LC** foram carregadas com esses subgrupos, conforme a dimensão dos possíveis períodos de lactação médios do plantel (Tabela 4). No início da simulação, a variável auxiliar **DES1** assume o valor do conjunto de subgrupos correspondentes ao período de lactação médio do rebanho, para que, dessa forma, cada subgrupo deixasse a lactação em momentos distintos, conforme a realidade da unidade de produção.

Tabela 4 - Intervalo entre partos e período de lactação e descanso, medidos em meses, característicos do rebanho leiteiro da Fazenda Girassol

IEP	Período de lactação	Período de descanso
11	9	2
12	10	2
13	11	2
14	12	2
15	13	2
16	13	3
17	13	4
18	13	5
19	13	6
20	13	7

Fonte: Dados da pesquisa.

<sup>20</sup> Optou-se pela explicitação, ao longo do corpo do texto, dos mecanismos envolvidos no processo de modelagem, em detrimento do esclarecimento de cada uma das variáveis utilizadas, porque se tornou necessária a criação de um número excessivo de variáveis, implicando a obrigatoriedade do uso de siglas. Ressalta-se que, em anexo, encontra-se presente cada uma das variáveis, bem como sua sintaxe.

Esse artifício baseia-se no argumento de que, em plantéis de IEP estreitos, o número de secagens por mês, no período médio de lactação, é maior do que naqueles de IEP extensos, em razão da maior rotatividade do rebanho. Ao fazer analogia com o modelo descrito anteriormente, verifica-se que, para dado grupo de vacas lactantes, quanto menor o período médio de lactação do plantel, maior o subgrupo formado e, portando, mais rápida a rotatividade do rebanho<sup>21</sup>.

Os dados da Tabela 4 mostram os valores de intervalo entre partos, período de lactação e descanso, característicos do rebanho de leite e representativos do manejo adotado na unidade de produção, usados, como referência, para elaboração do ciclo produtivo das vacas.

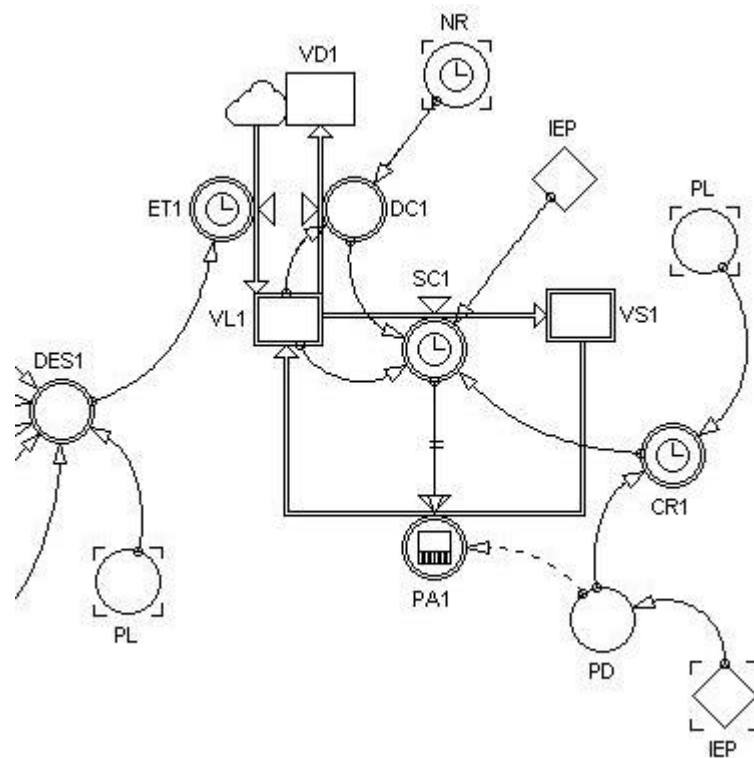
Nota-se que, a cada aumento de uma unidade no IEP, o período de lactação eleva em uma unidade até o IEP de 15 meses, permanecendo constante nos demais. Em outras palavras, o período de lactação máximo desse rebanho foi de 13 meses. O período de descanso até esse ponto se mantém fixo em dois meses, aumentando em uma unidade, a partir daí.

Tendo em vista a existência de vacas em momentos distintos do período de lactação, procedeu-se à modelagem do ciclo produtivo das vacas lactantes, de acordo com Figura 16.

Observa-se, na referida figura, que a variável fluxo **ET1** expressou a entrada dos subgrupos anteriormente definidos no estoque de vacas em lactação (**VL1**), no início da simulação. Cada subgrupo deixa a lactação em períodos diferentes, havendo sempre um subgrupo que a inicia e outro que a finaliza. Como variável responsável pela secagem das vacas lactantes, teve-se o fluxo **SC1**, que, a cada mês de simulação, de acordo com a duração da lactação do subgrupo, retirou do estoque de vacas lactantes a diferença entre o número de vacas presentes e o número de animais que foram descartados desse subgrupo pelo fluxo **DC1**. Formalmente, tem-se:

$$IF(VL1(i)>0, TIMECYCLE(CR1,IEP,1)*(VL1(i)-DC1(i)), 0) \quad (1)$$

<sup>21</sup> Uma forma alternativa de tratar a variabilidade de momentos de chegada das vacas em lactação seria o estabelecimento de funções de distribuição, conforme feito em problemas tradicionais de filas. Todavia, essa representação exige um processo de validação de resultados que foge do escopo deste trabalho. Acredita-se que a representação utilizada represente bem os índices zootécnicos médios de qualquer rebanho leiteiro.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 16 - Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo das vacas em lactação.

No modelo, se existissem vacas em lactação no subgrupo (i), executar-se-ia a função binária *TIMECYCLE*<sup>22</sup>, que representa o final deste período, que ocorre com uma frequência de um IEP. Como a duração da lactação atual diferencia-se de um período de lactação completo, tornou-se necessário corrigi-lo para os posteriores ciclos de produção (**CR1**). Quando admitido o valor 1, a diferença entre as vacas que faziam parte do subgrupo (i) e as que pertenciam a esse subgrupo (i), que estavam sendo descartadas, foi deslocada para o estoque de vacas secas (**VS1**), onde permaneceram até finalizar o período de descanso, quando retornaram à lactação para iniciar mais um ciclo.

Paralelamente à secagem, houve o descarte das vacas, respeitada sempre a taxa de reposição adotada pelo tomador de decisão. Assim, no início

<sup>22</sup> Optou-se pela apresentação das sintaxes das variáveis em conformidade com a formatação presente no software *Powersim 2.5c*. Mais uma vez, deu-se preferência ao esclarecimento das funções desempenhadas por cada variável. Acredita-se que esse método contribua para facilitar futuras replicações que porventura possam vir a ocorrer.

de cada simulação, verificou-se o número total de vacas do rebanho e, em seguida, calculou-se a necessidade de reposição mensal do plantel (**NR**). De posse desse valor, procedeu-se ao descarte. Conforme regra de decisão da unidade de produção, descartar-se-ão sempre vacas em lactação cujo preço de mercado fosse maior do que se estivessem secas, e dar-se-ia preferência aos animais mais velhos do rebanho. Simbolicamente, têm-se:

$$IF( VL1(i) >0 AND VL1(i) \geq NR , NR, VL1(i) ) WHEN i = 1 BUT \quad (2)$$

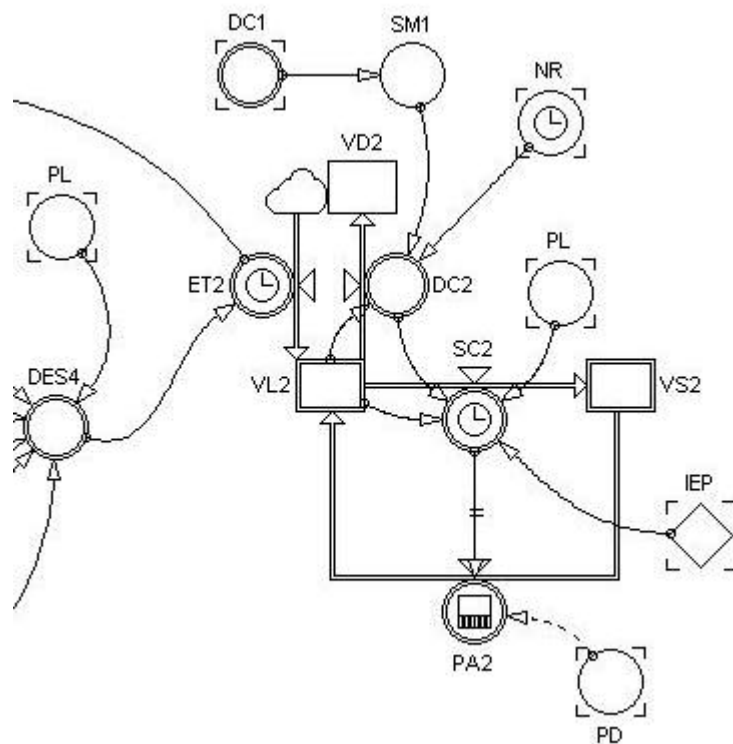
$$IF( VL1(i) >0 AND VL1(i-1) < NR, IF( VL1(i) \geq NR - VL1(i-1), NR - VL1(i-1), VL1(i)), 0 ) WHEN i = 2 BUT. \quad (3)$$

A equação 2 ilustra a estrutura de descarte do primeiro subgrupo, da seguinte forma: se existissem vacas em lactação e se esse número fosse maior ou igual à necessidade de reposição, descartar-se-ia o valor correspondente a **NR**. Caso contrário, descartar-se-ia o número de animais que estivessem no subgrupo. A equação 3 indicou descarte do segundo subgrupo, quando necessário. Para isso, procede-se da seguinte maneira: se existissem vacas em lactação e se o número de animais em lactação do subgrupo anterior fosse menor que a **NR**, verificar-se-ia se o número de vacas em lactação do subgrupo atual era maior ou igual ao que já havia sido descartado anteriormente. Se fosse, retirar-se-ia do estoque **VL1(i)** o que ainda restasse. Caso contrário, descartar-se-iam todos os animais do subgrupo (i); finalmente, se não existissem animais em lactação no subgrupo atual, nenhuma vaca seria descartada. Esse processo se estendeu ao longo dos demais subgrupos de vacas lactantes.

De acordo com o ciclo reprodutivo, sabe-se que o período de descanso da vaca se encerra na parição. Logo, a variável temporal **PA1** representou a efetiva realização do parto, deslocando as vacas secas até lactação, contabilizando-se, dessa forma, o número de nascimentos ocorridos em cada mês de simulação. Essa variável realizou a ligação com a modelagem da fase de produção de novilhas para reposição, abordada mais a diante.

A Figura 17 apresenta a estrutura do modelo do ciclo produtivo referente ao segundo grupo de animais. Observa-se sua semelhança com o

modelo do grupo anterior, já que, biologicamente, estão sujeitos ao mesmo ciclo.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 17 - Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo das vacas secas.

A primeira consideração a ser feita é com relação à existência de vacas em momentos distintos do período de gestação. Se, por um lado, o ciclo produtivo causa variabilidade de posições ao longo do período de lactação, por outro, impõe condições diferenciadas à gestação de vacas secas presentes atualmente na unidade de produção.

Para tratar tal inconveniente, utilizou-se o mesmo artifício usado no grupo de vacas em lactação. No entanto, sua analogia aqui pode ser entendida da seguinte forma: quanto menor o período de lactação médio do rebanho, maior o subgrupo formado e maior, portanto, o número de partos ocorridos por mês de simulação. Esta é uma situação característica de plantéis com IEP estreitos e, por conseguinte, de elevada rotatividade do rebanho.

Uma segunda ressalva deve ser feita com relação ao descarte de animais: para que se dê sempre preferência aos animais mais velhos, criou-se a variável auxiliar **SM1**, por meio da qual se realizou o somatório de todos os descartes ocorridos no grupo um e informou esse valor à variável fluxo **DC2**, pelo que se avaliou a necessidade, ou não, de descartar vacas em lactação do grupo dois. Formalmente, têm-se:

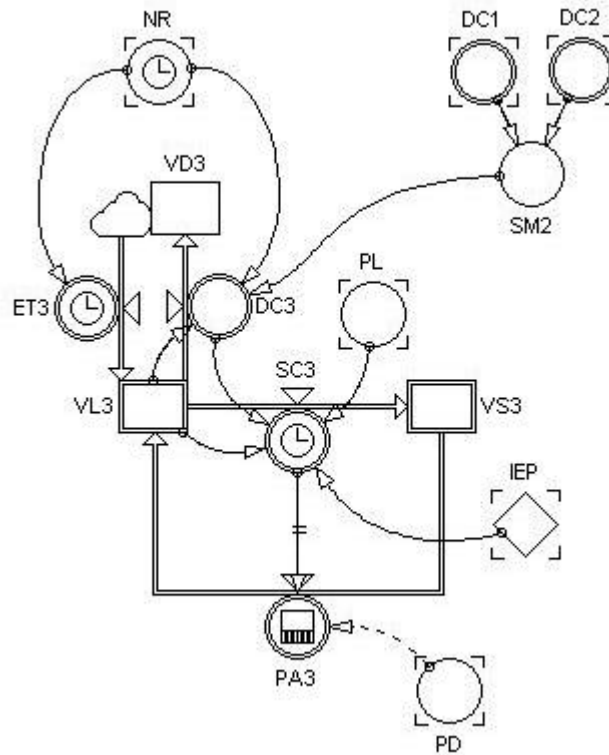
$$\begin{aligned} &IF( SM1 < NR \text{ AND } VL2(i) >0 \text{ AND } VL2(i) \geq NR - SM1, \\ &NR - SM1, VL2(i) ) \text{ WHEN } i =1 \text{ BUT.} \end{aligned} \quad (4)$$

Se a soma do descarte do primeiro grupo, que foi realizado nesse mês de simulação, fosse menor que a necessidade de reposição (**NR**) e se existissem vacas em lactação no subgrupo (i) do segundo grupo e, ainda, se esse valor fosse maior ou igual ao que estava faltando, retirar-se-ia o restante. Caso contrário, descartar-se-ia a quantidade de vacas presentes no subgrupo atual.

O raciocínio e o restante das equações utilizadas no grupo de vacas secas são os mesmos do primeiro grupo, considerando os devidos ajustes, como, por exemplo, ausência da variável de correção do período de lactação, uma vez que, nesse segundo grupo, todas as vacas no momento do parto iniciaram uma lactação completa.

Finalizada a estrutura do ciclo produtivo das vacas, explicitou-se a estrutura utilizada no último grupo de animais presentes na unidade de produção (Figura 18).

De acordo com a necessidade de reposição necessária à satisfação de determinada taxa de reposição, pelo modelo procedeu-se à renovação do rebanho. Por motivos de simplificação, elaboraram-se estruturas anuais de ciclo produtivo relacionadas com reposição do rebanho. No entanto, esse processo ocorreu mensalmente nesses diagramas, tal como o observado no mundo real.



Fonte: Dados da pesquisa.

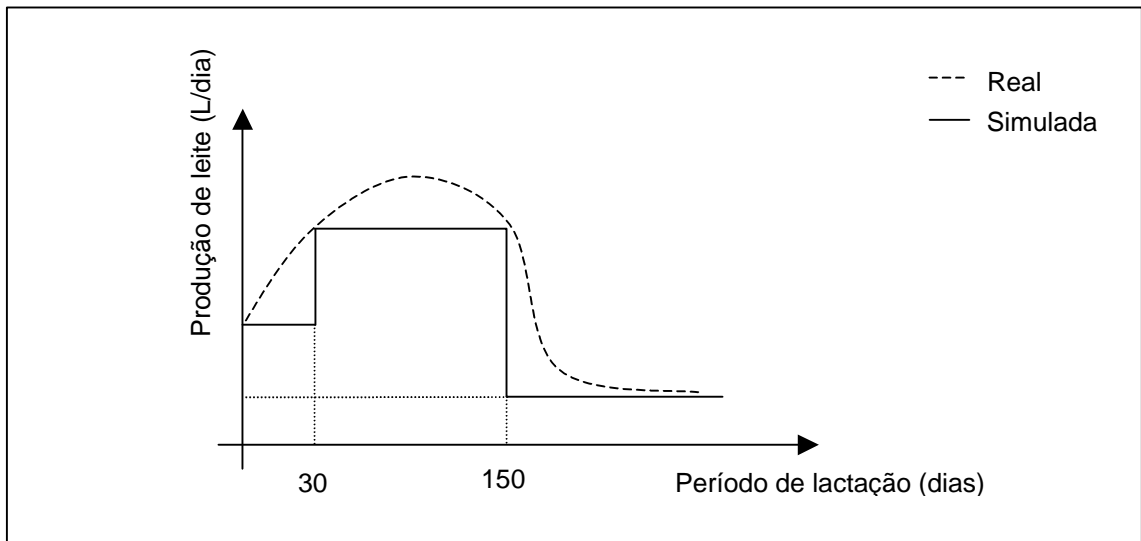
Figura 18 - Diagrama de estoque e fluxo representativo do ciclo produtivo da renovação do plantel, realizada no primeiro ano de simulação.

Observa-se que a variável fluxo **ET3**, presente na estrutura de renovação do primeiro ano, foi responsável pela inclusão das novilhas de reposição em seu respectivo estoque de animais em lactação (**VL3**). As demais, utilizadas tanto na estrutura apresentada anteriormente quanto nas estruturas de reposição dos anos restantes, desempenharam as mesmas funções das correspondentes discutidas até então. Portanto, encerrou-se a apresentação do componente ciclo produtivo das vacas do modelo físico de produção.

Até aqui, procurou-se discutir, detalhadamente, a modelagem realizada na representação do ciclo produtivo, pois, por meio dela, obtiveram-se os principais elementos pertencentes ao processo produtivo da pecuária leiteira, como é o caso, primeiramente, da produção de leite.

Devido ao fato de o volume de leite produzido em cada momento do período de lactação ser função da característica genética de persistência da

vaca em lactação, segue-se a apresentação da modelagem utilizada para simular a produção de leite, discutindo as características da curva de produção de leite dos animais presentes na unidade de produção, tomada como estudo de caso (Figura 19).



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 19 - Curva de produção de leite de vacas em lactação.

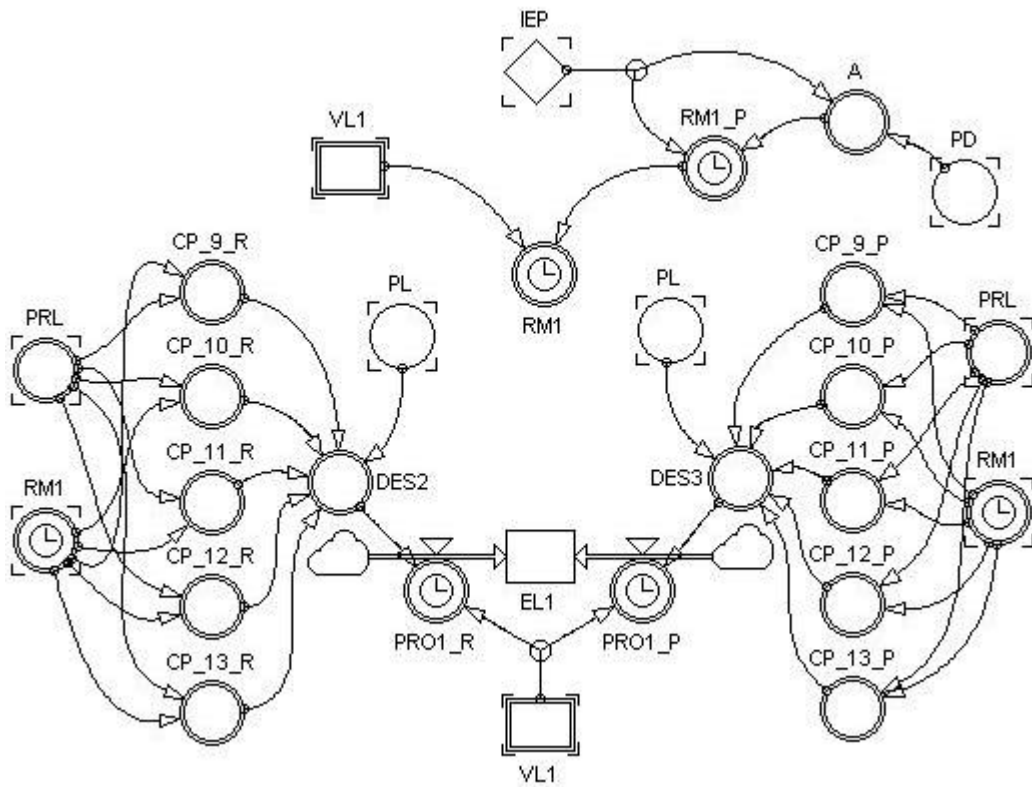
Nota-se que, a partir da parição, a produção de leite aumenta até atingir o pico de produção, onde permanece por algum tempo. Em seguida, à medida que se aproxima da secagem, o volume produzido torna-se cada vez menor até estabilizar-se abaixo da produção em que se iniciou a lactação. Formalizou-se, simplificadamente, a curva de produção de leite, conforme a expressão abaixo:

$$IF( RM1(i) = 1, PRL(1), IF( RM1(i) = 2 OR RM1(i) = 3 OR RM1(i) = 4 OR RM1(i) = 5, PRL(2), PRL(3))) \quad (5)$$

Se o período de lactação estivesse em seu primeiro mês, a produção de leite corresponderia à produção de início de lactação (**PRL(1)**). No entanto, se a lactação estivesse entre o segundo e o quinto mês, considerar-se-ia a

produção de pico de lactação (**PRL(2)**). Caso contrário, utilizar-se-ia a produção de final de lactação (**PRL(3)**). Essa modelagem aproximou-se o suficiente da realidade, de forma a incorporar o ganho de produção de leite alcançado por rebanhos com IEP estreitos, uma vez que, para determinado intervalo de tempo fixo, quanto menor o IEP, maior o número de picos de lactação e, conseqüentemente, maior a produção de leite.

Consideradas as características da curva de produção, procedeu-se à modelagem da produção de leite das vacas em lactação na unidade de produção (Figura 20).

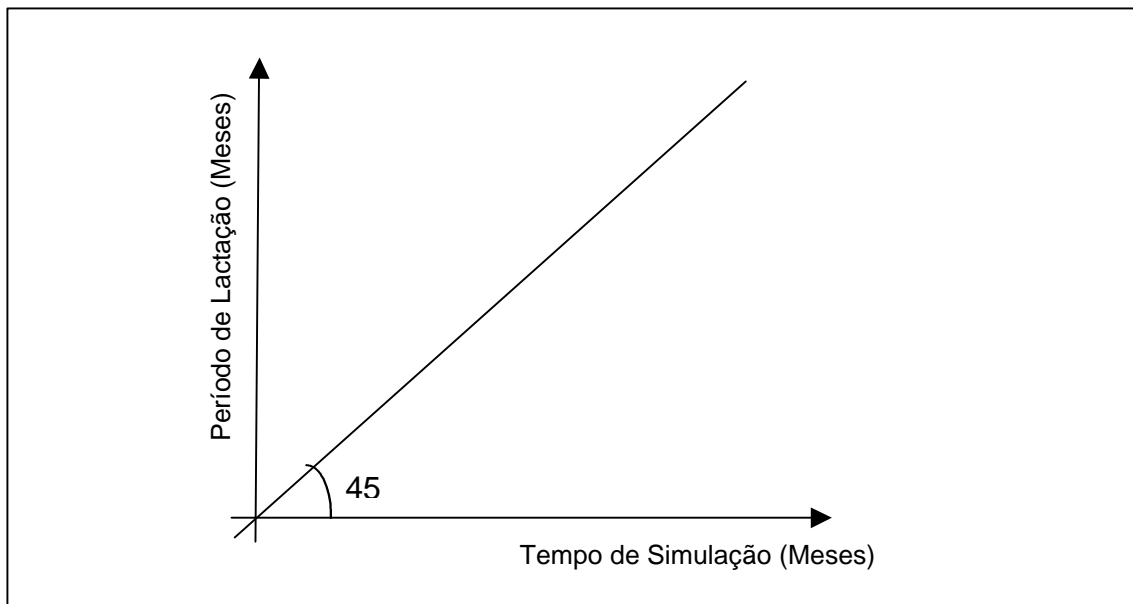


Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 20 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite das vacas em lactação.

A divisão de subgrupos de vacas em lactação, realizada ao elaborar o ciclo produtivo das vacas, tornou-se extremamente útil ao constituir o modelo de produção de leite, além de aproximar-se da realidade do sistema, já que cada subgrupo pode ser entendido como uma única vaca que segue seu próprio ciclo de produção em momentos distintos do tempo. Sem a concepção desses subgrupos, não haveria condições de individualizar cada possível posição das vacas em seu período de lactação, de forma a refletir a quantidade adequada de produção de leite obtida pela modelagem.

Para obtenção da produção de leite foi necessário apenas sincronizar o giro do ciclo produtivo das vacas com suas respectivas curvas de produção, criando-se, com essa finalidade, a variável temporal **RM1**, pela qual se verificou a existência de animais no estoque de vacas em lactação (**VL1**). Caso existisse, a variável **RM1** daria origem à reta apresentada na Figura 21, a qual transformaria o estático período de lactação em dinâmico, conforme ocorrido na realidade.

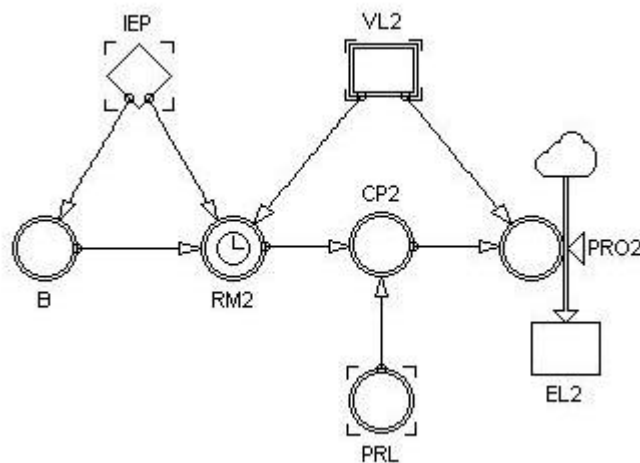


Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 21 - Transformação do período de lactação, de estático para dinâmico.

Observa-se, na Figura 21, que, independentemente do tempo de simulação em que a vaca estivesse presente no estoque de lactação, sempre se estabeleceu o período de lactação de forma contínua, com o passar do tempo.

De acordo com o período de lactação vigente, definiu-se a curva de produção correspondente. Em seguida, pela variável **RM1**, discriminou-se a produção relativa a cada mês de lactação, multiplicando-se a produção pela quantidade de vacas lactantes, obtendo-se, assim, o volume de leite produzido pelo subgrupo (**EL1**). O fluxo de produção de leite do primeiro grupo dividiu-se em dois, em razão da variabilidade inicial de vacas ao longo do período de lactação (**PRO1\_R e PRO1\_P**). Portanto, já no início determinou-se a produção de leite referente ao restante da lactação atual e, posteriormente, calculou-se a produção das sucessivas lactações completas que vieram a ocorrer. O modelo de produção de leite do grupo de vacas secas não apresentou tal inconveniente, o que facilitou o entendimento da estrutura ilustrada na Figura 22.

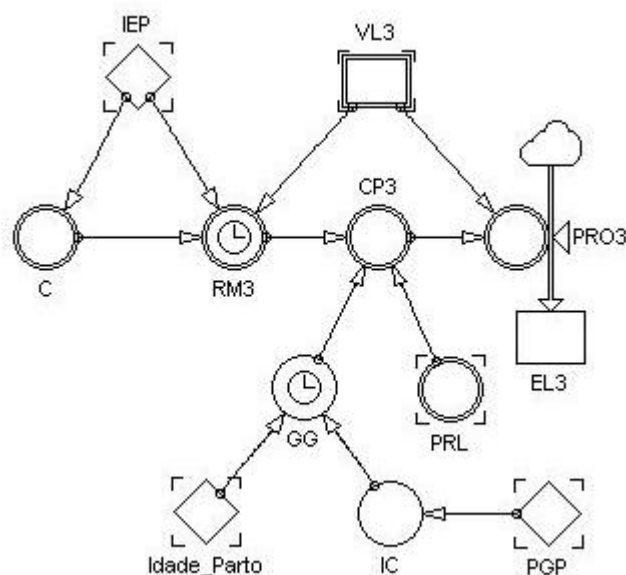


Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 22 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite das vacas secas.

O fato de as vacas secas iniciarem sempre curvas de produção completas, ao contrário dos animais atualmente em lactação, permitiu simplificar significativamente a modelagem desse processo. Dessa forma, de acordo com o IEP médio do rebanho, sincronizou-se (**B e RM2**) o ciclo produtivo das vacas com sua respectiva curva de produção (**CP2**), multiplicando-se a produção de leite individual pela quantidade de animais presentes no estoque de vacas em lactação e determinando-se o fluxo mensal de produção de leite (**PRO2**) e, conseqüentemente, o volume produzido por esse grupo (**EL2**).

Com relação à produção de leite do grupo referente à renovação do plantel, acrescentou-se somente o ganho genético obtido pelo melhoramento realizado na unidade de produção, como pode ser visto na Figura 23.



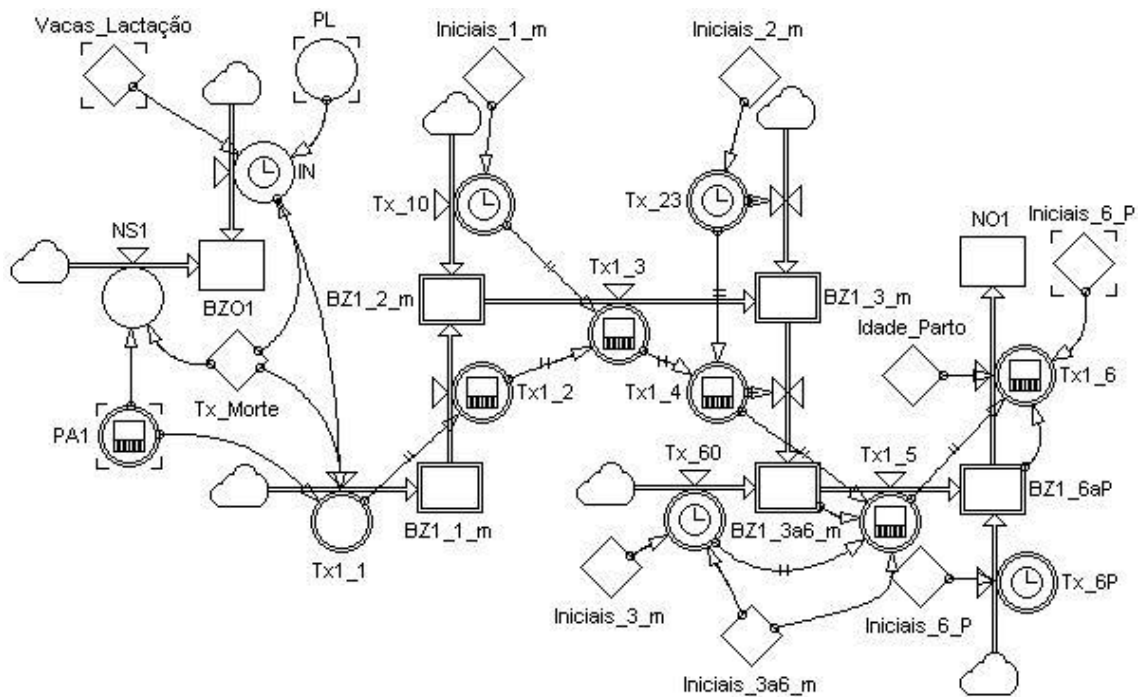
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 23 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da produção de leite por ocasião da renovação do plantel, realizada no primeiro ano de simulação.

Sabe-se que a curva de produção de leite da novilha destinada à reposição do rebanho necessita sofrer aumento de produção, devido ao ganho genético obtido. Com base em registros de produção de leite do plantel, determinou-se o incremento de produção médio (**IC**), de uma lactação para outra. Assim, a curva de produção **CP3** pôde ser acrescida de determinada quantidade de litros de leite em seus respectivos pontos da lactação (**GG**). Em virtude da opção de escolha do nível de genética adotado, ponderou-se o ganho genético pelo fator **PGP**. Ressalta-se que nos demais grupos de renovação do rebanho utilizou-se a mesma estrutura anterior, e a única ressalva foi adicionar o incremento na curva de produção de leite, com uma frequência correspondente à idade da primeira cria das novilhas.

O terceiro componente do modelo físico foi a estrutura relacionada com produção de novilhas para reposição do plantel. Dadas as características do manejo alimentar adotado na unidade de produção, dividiu-se a fase de cria e recria de acordo com as seguintes idades dos animais: um mês, dois meses, três meses, três a seis meses e seis meses até a idade do primeiro parto. A Figura 24 ilustra o modelo correspondente ao grupo de vacas em lactação.

A variável temporal **PA1** transferiu a informação sobre o número de animais, que, mensalmente, porventura estivessem retornando a mais uma lactação, para o fluxo **NS1**. Por essa variável, deduziu-se o número de mortes ocorridas em virtude da taxa de mortalidade de bezerros na unidade de produção e, em seguida, adicionou-se o resultado obtido ao estoque de bezerros nascidos no grupo 1, durante a simulação (**BZO1**). Como no princípio da simulação, considerou-se a existência de um subgrupo de vacas que iniciaram a lactação e tornou-se necessária a inclusão dos bezerros gerados, em decorrência dessa particularidade (**IN**), no estoque de animais nascidos nesse primeiro grupo.



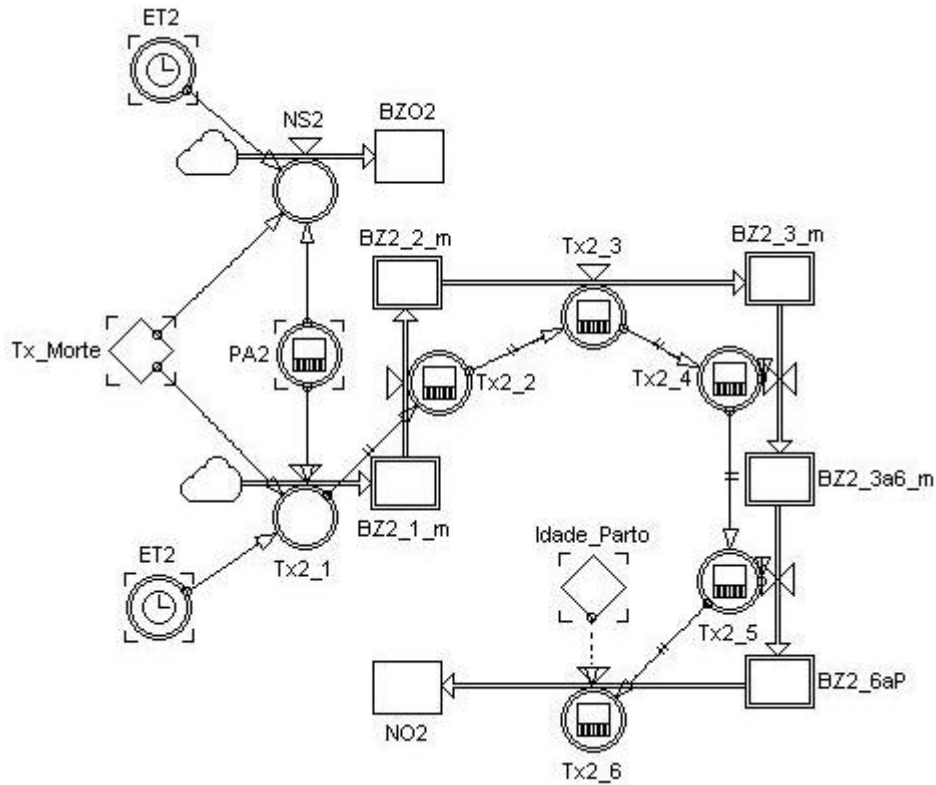
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 24 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da fase de cria e recria de novilhas, referente ao grupo de vacas em lactação.

Devido ao descarte de machos realizado pela unidade de produção, considerou-se que apenas 50% do total de nascimentos ocorridos representava as fêmeas recriadas para renovação do plantel. Assim, pelo fluxo **TX1\_1** verificou-se, mês a mês, o número de bezerros nascidos, descontando-se instantaneamente as mortes e considerando-se somente metade do valor encontrado, como bezerras que iniciavam a fase de cria e recria.

A seqüência de fluxos e estoques causou defasagens de tempo necessárias ao envelhecimento das bezerras até sua idade à primeira cria. Os losangos “**Iniciais\_1\_m**” e “**Iniciais\_2\_m**” expressam o número de bezerras, de um e dois meses, presentes atualmente na unidade de produção. Percebe-se que esses animais entraram diretamente no estoque de bezerras relativo à idade subsequente, uma vez que, no primeiro mês da simulação, estariam com tal idade, não ocorrendo o mesmo com as demais bezerras já distribuídas na fase de produção de novilhas.

Em virtude de o grupo de vacas secas da unidade de produção não ter gerado bezerras presentes, ao longo da atual fase de cria e recria, conforme o realizado pelo grupo de vacas em lactação, a estrutura de produção de novilhas tornou-se significativamente simplificada (Figura 25).



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 25 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da fase de cria e recria de novilhas, referente ao grupo de vacas secas.

Com relação aos nascimentos do grupo de vacas secas, pode-se dizer que estes ocorreram de duas maneiras: na entrada inicial desses animais em lactação (ET2) e em virtude do estabelecimento dos subseqüentes ciclos de produção (PA2). Esses efeitos foram visualizados nas equações a seguir:

$$IF(ARRSUM(ET2) > 0, ARRSUM(ET2) * (1 - Tx\_Morte), 0). \quad (6)$$

$$ARRSUM(PA2) * (1 - Tx\_Morte). \quad (7)$$

Na equação 6, verifica-se a existência de subgrupos que iniciavam a lactação. Para isso, constatou-se, a cada mês, se o somatório do que estava entrando no estoque de vacas lactantes via **ET2** diferenciava-se de zero. Caso verdadeiro, a variável **NS2** teria esse valor, respeitada obviamente a taxa de mortalidade de bezerros; caso contrário, não se contabilizaria nenhum nascimento. Na equação 7 captaram-se os nascimentos ocorridos via **PA2**. Naturalmente, essas mesmas regras de decisão compõem o fluxo destinado à contagem de bezerras nascidas durante a simulação (**Tx2\_1**).

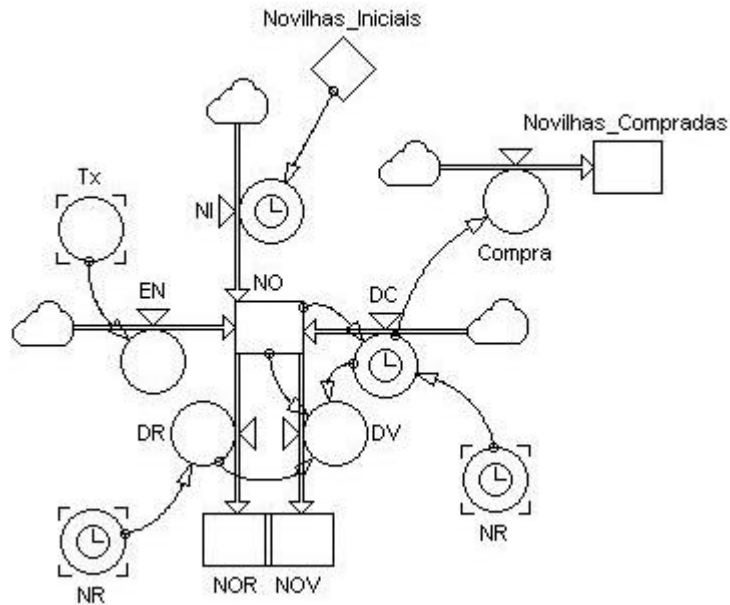
Analogamente, modelou-se a fase de cria e recria de novilhas relacionada com o grupo de renovação do rebanho, realizada no primeiro ano de simulação. Ressalta-se que tanto a estrutura de reposição no primeiro ano quanto à dos demais anos foram idênticas à do grupo de vacas secas. Portanto, encerrou-se a apresentação do componente do modelo físico relacionado com a produção de novilhas para renovação do plantel<sup>23</sup>.

Modelada a fase de cria e recria de novilhas para reposição, elaborou-se a estrutura capaz de representar as decisões tomadas, com o intuito de estabelecer a evolução do rebanho (Figura 26).

De acordo com a taxa anual de reposição adotada, calculou-se a necessidade de reposição mensal (**NR**) adequada à substituição requerida. De posse desse valor, descartou-se o número de vacas em lactação correspondente, com vistas em manter o rebanho estabilizado. Em seguida, verificou-se a disponibilidade de novilhas aptas à renovação do rebanho (**NO**). Caso esse número fosse suficiente, a reposição ocorreria com animais gerados no próprio sistema produtivo (**EN**). Se insuficiente, realizar-se-ia a compra de novilhas (**DC**) nos padrões de genética adotados pela unidade de produção, para não comprometer o melhoramento genético realizado, respeitando sempre a necessidade de renovação especificada.

---

<sup>23</sup> Todos os componentes do modelo de dinâmica de sistemas desenvolvido neste trabalho encontram-se no Apêndice D.

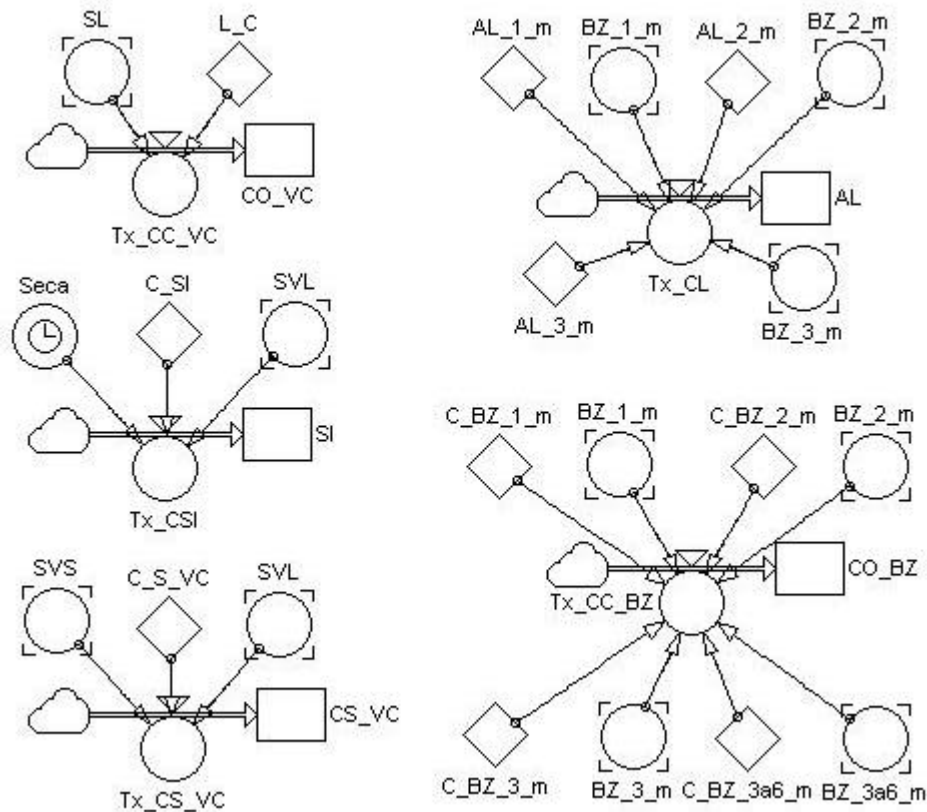


Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 26 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de decisão relacionada com renovação do rebanho.

Se houvesse excedente de novilhas, estas deveriam ser comercializadas a preços condizentes com a qualidade produtiva do animal (**DV**). Tomou-se esse conjunto de decisões a cada mês de simulação, de acordo com as regras de manejo utilizadas pela unidade de produção em estudo, finalizando-se, deste modo, o componente renovação do plantel.

O último componente do modelo físico diz respeito à alimentação do rebanho, que se deu conforme o manejo adotado na unidade de produção (Figura 27). Assim, dividiu-se a estrutura alimentar em fornecimento de concentrado e silagem para vacas em lactação, aleitamento de bezerras até três meses de idade, fornecimento de concentrado para bezerras de um a seis meses de idade e de sal mineral para vacas do rebanho e para as novilhas de seis meses de idade à primeira cria.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 27 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de decisão relacionada com alimentação do rebanho.

O modelo considerou o fornecimento mensal de concentrado para vacas em lactação, de acordo com a relação Leite/Concentrado adotada (**L\_C**). Portanto, dividiu-se a produção de leite mensal (**SL**) pelo fator utilizado, obtendo-se a quantidade de concentrado gasta no mês (**Tx\_CC\_VC**), de forma que, ao final da simulação, tivesse o montante de concentrado utilizado (**CO\_VC**).

O fornecimento de silagem para as vacas em lactação foi feito somente no período das secas, de maio a outubro. Devido a essa sazonalidade, criou-se a variável binária – **seca** – cujo valor é um, durante esse período, e zero, caso contrário. Dessa forma, multiplica-se essa variável pelo consumo de volumoso (**C\_SI**) de cada vaca, durante cada mês de seca, pelo número de vacas lactantes no período correspondente, e obtém-se a taxa mensal de consumo

de silagem (**Tx\_CSI**) e, conseqüentemente, ao final da simulação, o volume de volumoso utilizado (**SI**).

Para mensuração do restante da alimentação fornecida, multiplicou-se o consumo de cada item nutricional pela respectiva quantidade de animais presente no modelo em cada mês de simulação, obtendo-se, assim, a quantidade total de leite gasto no aleitamento de bezerras (**AL**), a quantidade de concentrado consumida pelas bezerras durante a simulação (**CO\_BZ**) e o volume de sal mineral consumido pelas vacas do rebanho (**CS\_VC**) e pelas novilhas de reposição. Ressalta-se que a estrutura referente ao consumo de sal pelas novilhas foi idêntica à das vacas, motivo pelo qual não está presente na Figura 27.

Finalizada a estrutura física de produção, a etapa seguinte consistiu na escolha de alguns indicadores que pudessem ser utilizados para representá-la em análises de decisão. Como medida da capacidade reprodutiva do rebanho, utilizou-se o número de bezerros nascidos durante cada simulação, correspondente ao número de vacas presentes no plantel. Para se ter idéia da potencialidade da fase de recria, lançou-se mão do número de novilhas produzidas por simulação. Com o propósito de verificar o efeito das decisões tomadas na evolução do rebanho, utilizou-se o número de vacas descartadas e de novilhas vendidas e compradas em cada simulação. Optou-se, também, pelo volume de leite produzido, dada a praticidade de interpretação por parte do produtor. Finalmente, por ser a alimentação o principal componente do custo de produção, determinou-se o consumo de concentrado e silagem para as vacas lactantes ao longo de cada simulação. Essas informações contribuem para o planejamento de futuras estratégias de nutrição desses animais.

### **2.5.3. Fatores de ponderação e discriminação da qualidade dos animais**

De acordo com a visão sistêmica de eficiência reprodutiva, sabe-se que o intervalo entre partos (IEP) é função do nível de nutrição, sanidade, manejo e genética adotados. Como forma de considerar tais influências, recorreu-se ao uso de fatores de ponderação, os quais podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Fatores de ponderação utilizados na determinação da eficiência reprodutiva alcançada em cada simulação

Nível	Classificação	Fator	Nível	Classificação	Fator
Nutrição	Baixo	1.50	Sanidade	Baixo	1.25
	Médio	1.00		Médio	1.00
	Alto	0.50		Alto	0.80
Manejo	Baixo	1.25	Genética	Baixo	1.05
	Médio	1.00		Médio	1.00
	Alto	0.80		Alto	0.95

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que o fator nutrição foi o principal determinante da eficiência reprodutiva, seguido, em igual ordem de importância, pela sanidade e manejo e, por fim, pelo nível de genética. Nota-se ainda que, independentemente do nível adotado, o fator de ponderação relativo à classificação médio foi sempre igual à unidade. Isto se deve ao fato de se terem tomados, como referência, os níveis praticados atualmente na unidade de produção<sup>24</sup>.

Por um lado, dado o IEP atual do rebanho, calculou-se a eficiência reprodutiva pela multiplicação desse valor por cada fator correspondente à classificação dos níveis especificados. Obteve-se o IEP simulado por meio da realização de uma média simples entre os intervalos determinados por cada nível. Dessa forma, a escolha da classificação dos níveis que se pretende trabalhar determinou o grau de eficiência reprodutiva alcançada na simulação.

Por outro lado, sabe-se que a produção de leite foi determinada pelos níveis de nutrição, sanidade e genética adotados. Logo, também se recorreu à

<sup>24</sup> Os fatores de ponderação para determinação da eficiência reprodutiva foram obtidos de entrevista com o administrador da unidade de produção selecionada. Assim, de acordo com sua visão prática, estabeleceu-se, numa escala de 1 a 100, a magnitude da influência de cada fator.

utilização de fatores de ponderação<sup>25</sup> para obtenção da quantidade produzida de leite pela análise sistêmica da pecuária leiteira (Tabela 6).

Tabela 6 - Fatores de ponderação utilizados na determinação da eficiência produtiva alcançada em cada simulação

Nível	Classificação	Fator	Nível	Classificação	Fator
Nutrição	Baixo	0.60	Sanidade	Baixo	0.95
	Médio	1.00		Médio	1.00
	Alto	1.30		Alto	1.05
Manejo	Baixo	1.00	Genética	Baixo	0.90
	Médio	1.00		Médio	1.00
	Alto	1.00		Alto	1.20

Fonte: Dados da pesquisa.

Primeiramente, vale ressaltar o grau de importância de uma nutrição adequada disponível ao rebanho leiteiro. Percebe-se, além disso, a influência também significativa do fator genético, que, apesar de ser menor que a nutrição, é maior que o fator sanidade. Dessa maneira, a magnitude dos valores obtidos desses fatores condiz com o fato de que de nada adianta ter um plantel com padrão genético elevado, se a nutrição for deficiente. Portanto, considerou-se que os valores que constituem a curva de produção refletem a média de produção característica dos animais do rebanho, podendo-se alcançar o potencial de produção por meio da alteração da classificação daqueles níveis limitantes da eficiência de produção de leite.

Realiza-se uma última observação com relação à utilização da mesma referência representante dos níveis atuais praticados na unidade de produção. Como o nível de manejo referiu-se apenas aos aspectos reprodutivos, seus fatores de ponderação, para todas as classificações foram unitários.

<sup>25</sup> Obtidos de forma idêntica ao realizado na determinação dos fatores de ponderação responsáveis pela definição da eficiência reprodutiva alcançada.

De posse dos fatores apresentados na Tabela 6, ponderou-se a produção de leite obtida mensalmente pelos relacionados com nutrição e sanidade. A influência da genética, por sua vez, foi discriminada pela ponderação do incremento de produção de leite, resultante do melhoramento realizado.

Conhecida a relevância do fator nutrição na determinação da eficiência reprodutiva e da produtiva, optou-se por tratamento diferenciado. Como a necessidade nutricional pode ser facilmente calculada com base no peso e na produção de leite da vaca, comparou-se a dieta fornecida aos animais em lactação com a efetivamente adequada. Tendo em vista que o período das secas é crítico para a alimentação do rebanho, procedeu-se à determinação das quantidades dos nutrientes – matéria-seca, proteína bruta e NDT, presentes na alimentação desse período<sup>26</sup>. Por um lado, caso o disponibilizado em nutrientes fosse, no mínimo, igual ao demandado para manutenção, prenhez e produção, o nível nutricional adotado seria alto; por outro, se a quantidade fornecida fosse no máximo necessária para manutenção e prenhez, seria baixo<sup>27</sup>. Finalmente, esse fator seria médio, se o montante de nutrientes disponibilizados estivesse entre as duas necessidades explicitadas anteriormente.

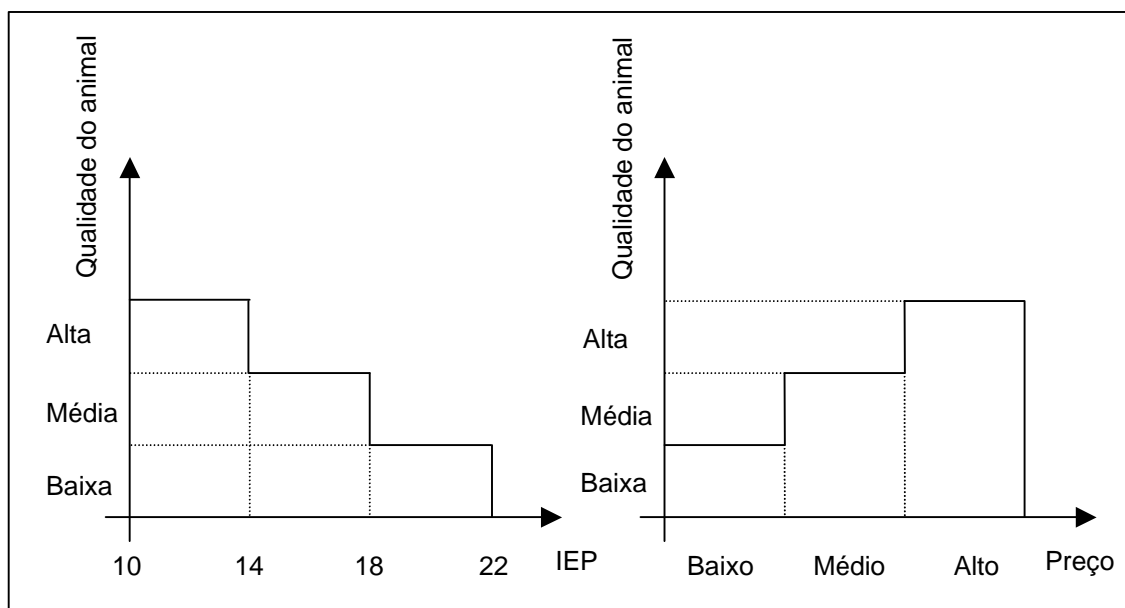
Haja vista que todos os fatores de ponderação foram levantados pela experiência prática dos administradores da unidade de produção, o tomador de decisão pôde optar pela simulação da eficiência reprodutiva e produtiva do plantel, além, é claro, de poder naturalmente alterar seus valores, de forma a adequá-los a cada situação.

Conforme visto neste capítulo, a qualidade dos animais influencia o preço de venda. Todavia, como forma de adequar o modelo a tal fato, elaborou-se a classificação apresentada na Figura 28.

---

<sup>26</sup> Segundo ANDRIGUETTO et al. (1985), esses nutrientes estão presentes nos mais diversos processos metabólicos das vacas, tendo, portanto, importância fundamental no cálculo das necessidades nutricionais desses animais.

<sup>27</sup> Considerou-se a demanda nutricional necessária à manutenção e prenhez como o limite inferior para classificação do nível nutricional adotado, visto que as unidades de produção interessadas no aprimoramento do processo de decisão realizam a nutrição mínima exigida pelos seus animais de produção.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 28 - Diferenciação de preços de animais decorrente da qualidade genética.

Nota-se que, quanto menor o IEP, maior a rotatividade do rebanho, melhor a qualidade obtida dos animais e, por conseguinte, maior o preço de venda. Logo, de acordo com o padrão genético do rebanho, o tomador de decisão pode decidir por diferenciar, ou não, o preço em virtude das características do mercado local para esses animais.

#### 2.5.4. Descrição do modelo dinâmico relacionado com estrutura financeira da unidade de produção de leite

Apresentada a estrutura física da unidade de produção, a etapa seguinte consistiu na elaboração do seu respectivo modelo financeiro. Devido ao caráter puramente matemático da determinação do custo de produção, optou-se, nessa seção, por descrever as variáveis consideradas e as observações metodológicas de seu cálculo.

Dadas as divergências existentes tanto nos itens envolvidos quanto nos métodos para chegar nas contas da produção de leite, os vários pesquisadores da área buscaram, em 1999, uniformizá-los (TONUS, 2000).

Portanto, a modelagem financeira, aqui realizada, baseou-se em recomendações estabelecidas nesse consenso<sup>28</sup>.

Segundo GOMES (2004), o período de determinação do custo de produção deve ser definido em comum acordo com os objetivos do produtor. Dessa forma, caso um programa de inseminação artificial seja desenvolvido na atividade, recomenda-se um período de quatro a cinco anos para a correta interpretação dos resultados gerados por esses objetivos almejados. Portanto, como pretendeu simular o ganho genético obtido por essa proposta de exploração, optou-se pela utilização de um período de cinco anos, considerado suficiente para captação desses benefícios<sup>29</sup>.

Atenção especial também teve de ser dada à separação entre o custo do leite e o da atividade. Como a pecuária de leite é uma atividade conjunta, os dispêndios realizados, com o passar do tempo, conduzem, simultaneamente, à produção de leite e de animais. Para contornar tal inconveniente, GOMES (2004) propôs a distribuição dos custos da atividade leiteira na mesma proporção que a composição da renda bruta. Desse modo, utilizou-se esse artifício para converter o custo da atividade em custo do leite.

A seguir, são descritas as variáveis presentes no modelo dinâmico relacionado com estrutura financeira da unidade de produção; posteriormente, explicitaram-se os componentes de cada indicador aqui calculado.

- Mão-de-obra contratada para manejo do rebanho – referiu-se aos gastos com salário e encargos sociais de funcionários contratados permanentemente para desempenhar quaisquer atividades relativas à pecuária de leite, como ordenha, alimentação do rebanho, limpeza de equipamentos e instalações, aplicação de medicamentos, etc.
- Mão-de-obra familiar – diz respeito aos dispêndios com pagamento de salário e encargos sociais de membros da família que executam atividades empresariais e mesmo produtivas, em caso de substituição da mão-de-obra contratada.

---

<sup>28</sup> Para maiores detalhes, consultar o periódico Balde Branco, de fevereiro de 2000.

<sup>29</sup> Embora o cálculo do custo esteja sendo realizado para um período de cinco anos, optou-se pela utilização dos valores nominais em virtude do caráter não preditivo da metodologia de dinâmica de sistemas. Para estudar comportamentos do sistema, como esse método visa, tal justificativa tornou-se bastante plausível.

- Manutenção e conservação de forrageiras – custos relacionados com a aquisição e aplicação de adubação de manutenção, limpeza de pasto, combate à formiga e ao cupim. Devido a seu caráter variável, criou-se um índice médio desses gastos mensais por vaca em lactação<sup>30</sup>. Assim, de acordo com número de animais lactantes no mês, obtiveram-se esses dispêndios.
- Produção de volumosos por meio de silagem – referiu-se aos gastos com plantio, condução, corte da cultura do milho e enchimento do silo, tais como compra de fertilizantes, sementes, defensivos e, além disso, contratação de mão-de-obra e maquinário para o desempenho dessas atividades.
- Concentrados – diz respeito aos dispêndios realizados por meio da compra de rações completas e, ou, componentes para sua elaboração.
- Aleitamento de bezerras – referiu-se à quantia de leite destinada à alimentação desses animais e valorada de acordo com o preço de venda do produto.
- Minerais – custos relacionados com compra de suplementos minerais completos e, ou, componentes para sua elaboração.
- Medicamentos – referiram-se aos gastos com compra de antibióticos, vacinas e remédios, de modo geral. Devido a seu caráter variável, elaborou-se um índice médio desses gastos mensais, conforme efetuado para manutenção e conservação de forragens.
- Material para ordenha – diz respeito aos dispêndios com compra de detergentes, reagentes e outros materiais dessa natureza, relativos à execução da ordenha. Devido ao seu caráter variável, elaborou-se um índice médio desses gastos mensais, da mesma forma que o efetuado para medicamentos.
- Transporte de leite – gastos com transportes terceirizados efetivamente pagos pelo produtor na venda de leite.
- Energia e combustíveis – dispêndios relacionados com gastos com energia elétrica, gasolina e óleo diesel, utilizados somente na atividade leiteira.

---

<sup>30</sup> Com base em registros contábeis dos últimos cinco anos de operação da empresa, obteve-se o montante relacionado com esses custos, deflacionando-o, em seguida, pelo IGP-DI, base de janeiro de 2004. Dividiu-se tal valor pelo número médio de vacas em lactação no período, determinando-se, deste modo, esse índice.

Devido ao seu caráter variável, elaborou-se um índice médio desses gastos mensais, conforme realizado para o material de ordenha.

- Inseminação artificial – referiu-se aos custos de materiais envolvidos na realização dessa técnica, tais como luvas, bainhas, sêmen, nitrogênio e botijões para armazenamento do produto. Embora se modifique com o nível de genética adotado, lançou-se mão de um índice médio em conformidade com o efetuado para energia e combustíveis.
- Impostos e taxas – despesas com contador, pagamento do imposto FUNRURAL sobre o valor das vendas de leite, recolhimento do ICMS conforme tabela do programa estadual do movimento do produtor de leite, recolhimento do imposto de renda de acordo com a tabela progressiva anual, gasto mensal com assistência técnica e imposto territorial rural<sup>31</sup>.
- Reparos de benfeitorias e equipamentos – gastos necessários para manutenção desses itens do capital imobilizado, em perfeito estado de uso. Devido ao seu caráter variável, elaborou-se um índice médio desses gastos mensais, da mesma forma que para inseminação artificial.
- Gastos com custeio – despesa com escritório, alimentação da mão-de-obra e itens similares. Em razão de seu caráter variável, criou-se um índice médio desses gastos mensais, conforme realizado para os reparos de benfeitorias e equipamentos.
- Depreciação do capital imobilizado – reserva contábil destinada à substituição de bens de capital devido ao desgaste ocorrido ao longo dos anos de utilização no processo produtivo.

Consideraram-se como bens de capital passíveis de depreciação as benfeitorias, os equipamentos, os animais de serviço e a reprodução e as pastagens antigas e formadas.

Para levantamento das depreciações anuais relativas a pastagens formadas, utilizaram-se valores referentes à formação, contidos em registros contábeis da empresa no período de 1998 a 2002. Vale ressaltar que os valores foram deflacionados pelo IGP-DI, com base em janeiro de 2004.

---

<sup>31</sup> As tabelas de tarifações encontram-se no Apêndice A. Com relação ao pagamento do imposto territorial rural, utilizou-se o valor pago em 2003 e, para assistência técnica, considerou-se o valor despendido em janeiro de 2004.

Utilizou-se o método de depreciação linear, com vida útil média dessas pastagens de 30 anos.

As demais depreciações anuais foram obtidas diretamente do inventário de recursos da unidade de produção, a preços de janeiro de 2004, ressaltando-se o uso do método linear em tal determinação.

Não se determinou a depreciação de animais de produção, já que, segundo GOMES (2004), não se efetua tal cálculo em sistemas de produção que realizam a recria de novilhas com o intuito de repor as vacas, tal como a realidade atual da unidade de produção.

- Remuneração do capital imobilizado – recompensa financeira destinada aos donos dos fatores de produção, colocados à disposição do processo produtivo em detrimento de melhor uso alternativo.

De acordo com YAMAGUCHI et al. (2002), determinaram-se as remunerações referentes ao capital imobilizado em terra, benfeitorias, equipamentos e rebanho, lançando-se mão das mesmas fontes usadas na determinação das depreciações. Considerou-se uma taxa anual de 6% e obtiveram-se as remunerações pela aplicação da seguinte fórmula<sup>32</sup>:

$$Ra = \frac{(V_i + V_f)}{2} \times r, \quad (8)$$

em que Ra é valor da remuneração, em R\$/ano; Vi, valor inicial do bem, em R\$; Vf, valor final do bem, também em R\$; e r, taxa de juros considerada.

Há ressalvas com relação à remuneração de alguns itens do capital imobilizado, descritos anteriormente. Diferentemente de autores que não calculam a remuneração do fator terra e consideram a recompensa somente sobre o custo de formação de forrageiras, optou-se, neste trabalho, por sua determinação, utilizando-se, como valor inicial, o preço de venda da terra, e não o preço da terra nua. Acredita-se que assim estejam computados todos os investimentos realizados, com o objetivo de desempenhar a atividade de pecuária leiteira. Cabe, ainda, uma última observação referente à remuneração do capital imobilizado no rebanho. Em seu cálculo considerou-

---

<sup>32</sup> Optou-se pelo uso dessa fórmula em razão da própria desvalorização do bem. Por isso, calculou-se a remuneração sobre o capital médio.

se o valor do plantel a preços do mercado local, no início da simulação, uma vez que o produtor teria de tomar a decisão de colocar, ou não, esse capital à disposição de seu processo produtivo nesse momento.

- Receita bruta da atividade – renda obtida da venda do volume total de leite produzido, acrescida da taxa de incentivo à produção adotada e também do retorno financeiro, resultante da venda de animais de descarte e novilhas não necessárias à reposição, incluindo, além disso, a variação do inventário animal.

Sabe-se que a venda de animais participa, significativamente, da composição da renda da atividade, a qual se relaciona, diretamente, com a estimativa do custo do leite. Todavia, como forma de evitar distorções na determinação desse custo, considerou-se a variação do inventário animal, já que o rebanho bovino representa um investimento de elevada liquidez (GOMES, 2004). Matematicamente, realizou-se o cálculo da variação do inventário animal da seguinte maneira:

$$VIA = VRF - VRI - VC , \quad (9)$$

em que VIA expressa a variação do inventário animal, em R\$; VRF, valor do rebanho no final do período, em R\$; VRI, valor do rebanho no início do período, em R\$; e VC, valor da compra de animais realizada no período de cálculo do custo de produção, em R\$.

Como componentes do custo operacional efetivo da atividade consideraram-se os seguintes elementos: desembolsos relativos à mão-de-obra contratada, manutenção de forrageiras, produção de volumosos, concentrados, aleitamento de bezerras, minerais, medicamentos, material para ordenha, transporte do leite, energia e combustíveis, inseminação artificial, impostos e taxas, manutenção de benfeitorias e equipamentos, e gastos com custeio.

A partir da determinação do custo operacional efetivo da atividade, obteve-se o respectivo custo operacional total, mediante acréscimo dos dispêndios com mão-de-obra familiar e das depreciações correspondentes a benfeitorias, equipamentos, animais de serviço e reprodução e forrageiras não-anuais.

Finalmente, definiu-se o custo total de produção da atividade leiteira pela soma das remunerações do capital imobilizado em terra, benfeitorias, equipamentos e rebanho ao custo operacional total correspondente.

Com o propósito de avaliar o impacto das decisões na estrutura financeira da empresa, foram selecionados alguns indicadores calculados pelas receitas e pelos custos da atividade leiteira, os quais foram explicitados, a seguir, em conjunto com suas justificativas.

De acordo com NOGUEIRA et al. (2003), entre os principais índices econômicos utilizados para avaliar a pecuária leiteira, destacam-se margem bruta, margem líquida e lucro. Portanto, obteve-se a margem bruta pela diferença entre a receita bruta da exploração e seu correspondente custo operacional efetivo; a margem líquida, pela subtração do custo operacional total da exploração da receita bruta da atividade; e o lucro da atividade leiteira, pela diferença entre seu custo total e a respectiva receita total.

Como a bovinocultura de leite é uma atividade conjunta, optou-se pelas estimativas dos custos unitários do leite, propiciando, assim, o isolamento do resultado financeiro do produto mediante comparação direta com seu preço.

Por relacionar simultaneamente o preço, o custo e o volume de leite a ser produzido, selecionou-se o ponto de equilíbrio necessário para equiparar o custo total do leite a sua receita total. Embora não tenha significado prático, devido ao fato de a produção já ter sido obtida no momento de sua determinação, esse indicador torna-se importante instrumento de análise no planejamento de futuras ações que possam ser facilmente verificadas por intermédio do sistema de apoio à decisão (SAD) por ora desenvolvido.

Como medidas comparativas, adotaram-se a produtividade da área destinada à pecuária de leite e a taxa de remuneração do capital investido na atividade. Determinou-se o primeiro indicador pela divisão da margem bruta da atividade pela respectiva área efetivamente utilizada na produção e, de outra forma, calculou-se a rentabilidade do capital por meio do quociente entre a margem líquida da atividade de pecuária leiteira e o estoque de capital presente em benfeitorias, equipamentos, rebanho e terra.

Assim, finalizou-se a apresentação dos elementos que constituem a estrutura financeira da empresa, na expectativa de que os indicadores selecionados sejam capazes de orientar as decisões na atividade leiteira, em

face das particularidades de exploração adotadas e com vistas em obter maior conhecimento dos diferentes comportamentos desse sistema produtivo, sob tais condições.

#### **2.5.5. Descrição do modelo dinâmico de investimento**

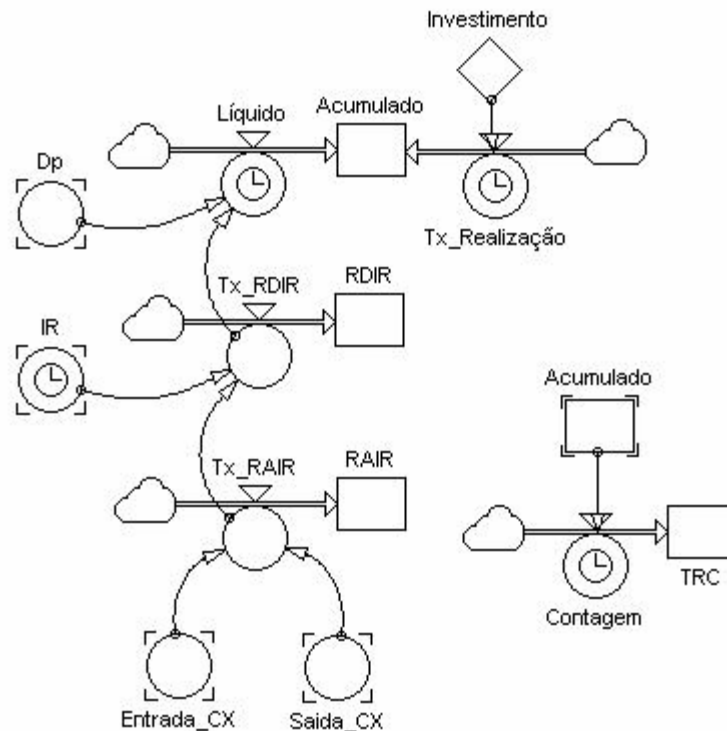
A modelagem das estruturas física e financeira do processo produtivo da pecuária de leite visou contribuir para o estudo do comportamento desse sistema sobre diferentes cursos de ações. Logo, essa ferramenta tem importância considerável no planejamento da atividade, visto que contribui sobremaneira para indicar os caminhos a serem seguidos para o alcance dos objetivos pretendidos. Como forma de ampliar a aplicabilidade desse SAD no planejamento da bovinocultura de leite, propôs-se um modelo de análise de investimentos rotineiros<sup>33</sup>.

Considerou-se o mesmo período de tempo utilizado na determinação do custo de produção, já que, segundo NORONHA (1987), em análises de investimentos agropecuários relacionados com elaboração de toda infraestrutura produtiva, em conjunto com a formação do próprio rebanho, aqueles começam a ser pagos em um período de quatro a seis anos. Portanto, como se pretendeu avaliar a viabilidade de investimentos presentes em planejamentos de curto prazo, o período de cinco anos tornou-se aceitável.

A Figura 29 explicita a estrutura do modelo matemático representativo da análise de investimentos na pecuária de leite considerada neste trabalho.

---

<sup>33</sup> Refere-se a pequenos investimentos de modernização ou expansão da produção, ambos com dimensão capaz de ser absorvida pela mesma planta produtiva atual.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 29 - Diagrama de estoque e fluxo representativo da estrutura de análise de investimentos na pecuária de leite.

A partir da estrutura do modelo financeiro elaborou-se o fluxo de caixa correspondente à análise de investimentos. Portanto, por um lado, a variável **Entrada\_CX** representou as receitas geradas pela bovinocultura de leite ao longo da simulação; por outro, a variável **Saída\_CX** expressou seu respectivo custo operacional total. A cada mês, obteve-se o resultado antes do pagamento do imposto de renda, que foi, posteriormente, acumulado no estoque **RAIR**. Esse estoque forneceu a informação sobre o resultado financeiro alcançado ao final de cada ano de simulação. Dessa forma, determinou-se a base de cálculo do imposto de renda, a ser pago no início de cada ano. Vale ressaltar que se efetuou o pagamento desse imposto somente quando o resultado financeiro obtido naquele ano foi positivo, contabilizando-se, assim, o resultado depois do pagamento do imposto de renda (**Tx\_RDIR**). Foram esses valores que, conjuntamente com a depreciação, deram origem ao fluxo de caixa líquido. Por

fim, a variável fluxo **Tx\_Realização**, por sua vez, foi responsável pela realização do investimento.

Não foram consideradas as saídas de caixa referentes à forma de pagamento do investimento. De acordo com NORONHA (1987), o projeto deve ser analisado pelo seu próprio mérito, e não pela forma como é financiado. Todavia, com base nessa justificativa, optou-se pela não inclusão dos fluxos de financiamento na estrutura de análise de investimento desenvolvida.

Como indicador de viabilidade do investimento, utilizou-se, dada sua facilidade de interpretação, o período de retorno do capital, definido, por BUARQUE (1991), como o espaço de tempo necessário para que a empresa permita aos investidores recuperar o capital investido. Para medição desse período criou-se a variável fluxo **Contagem**, por meio da qual, a cada mês de simulação, verificou o sinal do fluxo de caixa acumulado (**Acumulado**) e, de acordo com este, determinou o período de tempo necessário para que o fluxo de caixa tornasse positivo (**TRC**).

Dessa forma, foram apresentadas todas as estruturas presentes no modelo do SAD proposto para apoio à decisão em propriedades produtoras de leite. Como forma de verificar a validade dos resultados obtidos pela simulação, recorreu-se ao processo de validação, descrito no próximo capítulo.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Validação do modelo de simulação dinâmica**

Em virtude de o processo de modelagem caracterizar-se pela subjetividade na representação de uma realidade complexa, há consenso sobre a não existência de um modelo perfeitamente validado. Para STERMAN (2000), todos os modelos contêm falhas, razão pela qual podem ser refutados, segundo alguns testes ou teorias.

No que se refere aos modelos de dinâmica de sistemas, FORRESTER (1994) ressaltou que a principal contribuição destes é para o maior entendimento do comportamento dos sistemas em detrimento de uma perfeita representação da realidade.

De acordo com FORD (1994), na metodologia de dinâmica de sistemas, os modelos são validados pela sua utilidade no alcance dos objetivos propostos. Como pretendeu-se representar o processo produtivo da pecuária leiteira, para tornar-se, posteriormente, possível o apoio à decisão tão demandado nessa atividade, procurou-se, antes de mais nada, identificar seus principais pontos-chave.

Tendo em vista que a dinâmica desse sistema é determinada pelo intervalo entre partos (IEP), o qual reflete a capacidade de produção de animais e determina o período de lactação, responsável direto pela obtenção

da produção de leite, elaboraram-se as estruturas de validação descritas a seguir.

Ao longo da simulação conhece-se, exatamente, a posição real de cada vaca com respeito aos possíveis IEP médio do rebanho. Assim, elaborou-se um gabarito da evolução de uma única vaca durante esse período, conforme ilustrado na Tabela 7. Em seguida, simulou-se a evolução dessa vaca nas mesmas condições que o observado na realidade e, por meio da elaboração de uma macro<sup>34</sup>, verificou-se, mês a mês, a correspondência entre o real e o simulado. Caso a posição fosse idêntica, a célula seria formatada de verde e o respectivo mês seria validado; caso contrário, marcar-se-ia de vermelho, seguido da correção do modelo. Esse método possibilitou, de maneira rápida e prática, a verificação visual de cada vaca, que evoluiu mensalmente durante toda a simulação de diversos IEP distintos.

Tabela 7 - Estrutura de validação relacionada com a variável intervalo entre partos, no modelo de dinâmica de sistemas

Evolução mensal da simulação																							
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Evolução real de uma vaca ao longo de um intervalo entre partos de 12 meses</b>																							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Evolução da validação de cada posição da vaca ao longo da simulação</b>																							
<b>Evolução simulada de uma vaca ao longo de um intervalo entre partos de 12 meses</b>																							
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Dados da pesquisa.

Analogamente ao realizado para o IEP, elaborou-se uma estrutura para validar a evolução de uma única vaca em relação ao seu período de lactação. Após conhecer a posição real de uma vaca em relação aos diversos períodos

<sup>34</sup> Rotina de programação elaborada no *software Excel*, por meio da utilização da linguagem de programação *Visual Basic*.

de lactação possíveis, elaborou-se o gabarito apresentado na Tabela 8, o qual corresponde a somente uma vaca que “pariu” no princípio da simulação; portanto, inicia-se, nesse momento, a lactação. Com o passar do tempo, a lactação evolui até terminar no décimo mês (outubro); em seguida, tem-se o descanso do animal, de dois meses, e logo após seu retorno à produção de leite. Vale ressaltar que se discriminou cada mês de simulação do período de lactação, com o intuito de respeitar a curva de produção da vaca, como visto previamente. Com relação à validação, pode-se dizer que esta se dá da mesma forma que o efetuado para o IEP.

Tabela 8 - Estrutura de validação relacionada com a variável período de lactação, no modelo de dinâmica de sistemas

Evolução mensal da simulação																							
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evolução real de uma vaca ao longo de um período de lactação de 10 meses																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	0
Evolução da validação de cada posição da vaca ao longo da simulação																							
Evolução simulada de uma vaca ao longo de um período de lactação de 10 meses																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0	0

Fonte: Dados da pesquisa.

Como cada subgrupo de animais pode ser considerado como uma única vaca se movimentava durante a simulação, considerou-se esse processo de verificação, realizado para as mais diversas posições possíveis, tanto com relação ao IEP quanto ao período de lactação, suficiente para validar o modelo matemático relacionado com a estrutura física da empresa em estudo. Dado que as demais estruturas modeladas são conseqüências diretas dessa primeira, partiu-se para elaboração de análises de sensibilidade de alguns dos principais índices zootécnicos do rebanho. Essas simulações foram concebidas com a finalidade de avaliar o poder de representação dos modelos dinâmicos

em face das relações esperadas, anteriormente identificadas na abordagem sistêmica da pecuária de leite. Ressalta-se que os dados utilizados nas etapas seguintes, quando não justificados no texto, fazem parte do conjunto de variáveis atuais da empresa rural selecionada neste trabalho.

As variáveis intervalo entre partos (IEP), taxa de reposição e idade no primeiro parto foram escolhidas para realização das análises de sensibilidade, por caracterizarem qualquer rebanho leiteiro e serem responsáveis pela maioria das relações existentes entre as outras fundamentais variáveis presentes no processo de produção de leite.

Dessa forma, os dados da Tabela 9 apresentam os valores simulados, no período de cinco anos, dos principais indicadores do impacto na estrutura física da empresa, resultante de decisões tomadas com relação ao estabelecimento de uma taxa de reposição de 20% a.a., em um rebanho de 128 vacas, caracterizado por uma idade, à primeira cria, de 24 meses<sup>35</sup>.

Nota-se, nos dados da Tabela 9, que, quanto maior o intervalo entre partos (IEP), menor a ocorrência de nascimentos de bezerros e, conseqüentemente, menor a quantidade de novilhas produzidas ao final da simulação. Tal fato reflete, posteriormente, a influência do fator reprodução em processos de realimentação presentes na atividade de pecuária leiteira, pois, como resultado dessa deficiência reprodutiva, obtiveram-se, a uma mesma taxa de renovação, aumento do número de novilhas compradas e queda em suas vendas.

Percebe-se, na referida tabela, que a dimensão do IEP afetou mais significativamente a venda de novilhas do que sua aquisição, realizada com o intuito de manter o rebanho estabilizado. Logo, sobre as condições estabelecidas, o sistema caracterizou-se por expressiva capacidade de gerar novilhas, além do efetivamente demandado para renovação do rebanho, mesmo em condições desfavoráveis, do ponto de vista reprodutivo. Entretanto, ressalta-se que menores quantidades de novilhas vendidas implicam menores receitas.

---

<sup>35</sup> A idade de 24 meses, no primeiro parto, foi escolhida por ser considerada ideal pelos pesquisadores da área e a taxa de renovação de 20% a.a., por localizar-se próximo da taxa de 25% a.a., utilizada pela maioria dos produtores de leite. Não se partiu de valores superiores a 25% a.a. para essa taxa de reposição, dada a não-correspondência com os valores encontrados na prática. Assim, buscou-se verificar os efeitos esperados de alterações em cada uma dessas variáveis, mantido tudo o mais constante.

Tabela 9 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses

IEP (meses)	Bezerros nascidos (cabeças)	Produção de novilhas (cabeças)	Compra de novilhas (cabeças)	Venda de novilhas (cabeças)	Produção de leite (litros)
11	747,82	366,87	0,00	245,27	534.321,40
12	696,00	350,43	0,00	224,92	523.686,60
13	639,23	329,08	0,00	207,61	516.997,70
14	605,60	319,62	0,09	199,51	510.716,40
15	573,27	311,39	0,25	191,52	504.095,10
16	542,28	302,40	0,38	182,65	475.594,20
17	507,11	293,86	0,50	174,24	454.919,40
18	480,72	285,62	0,63	163,26	435.879,40
19	459,22	274,71	0,77	154,51	418.679,50
20	442,32	265,81	0,92	145,75	403.510,30
21	429,65	259,03	1,02	141,96	389.469,10
22	416,98	256,91	1,12	139,95	375.488,20

Fonte: Dados da pesquisa.

As perdas decorrentes da falta de eficiência reprodutiva acumulam-se pela diminuição do volume médio anual de leite produzido ao longo da simulação. Portanto, como previamente apresentado em análise sistêmica, plantéis limitados, do ponto de vista reprodutivo, apresentam produções inferiores tanto de animais quanto de leite.

Os dados da Tabela 10 ilustram a quantificação dos efeitos das decisões tomadas, com relação aos índices especificados, sobre alguns dos indicadores fundamentais da estrutura financeira da empresa.

Pela análise dos dados da tabela anterior, observa-se que o custo total médio de produção anual do leite se elevou à medida que o IEP aumentou. Tal resultado foi coerente com a lógica de que, a uma mesma dimensão de planta produtiva, quanto menor a quantidade produzida, maior o custo total unitário de produção, dada a não-significativa diluição dos custos fixos.

Tabela 10 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses

IEP (meses)	CTP do leite (R\$/L)	MBT da atividade (R\$/ano)	MLT da atividade (R\$/ano)	LCT da atividade (R\$/ano)	Remuneração do capital (%)
11	0,51	151.628,80	116.525,73	71.443,83	7,76
12	0,53	142.289,60	107.186,53	62.104,63	7,14
13	0,53	134.824,23	99.721,16	54.639,26	6,64
14	0,54	130.765,74	95.662,67	50.580,77	6,37
15	0,56	110.634,43	75.531,36	32.441,46	5,26
16	0,57	101.902,24	66.799,17	23.709,27	4,65
17	0,58	95.634,64	60.531,57	17.441,67	4,22
18	0,59	89.677,05	54.573,98	11.484,08	3,80
19	0,63	71.210,21	36.107,14	-4.990,76	2,64
20	0,63	67.748,87	32.645,80	-8.452,10	2,38
21	0,64	64.443,40	29.340,33	-11.757,57	2,14
22	0,65	61.363,53	26.260,46	-14.837,44	1,92

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: CTP - Custo total de produção médio anual do leite; MBT - Margem bruta total média anual da atividade leiteira; MLT - Margem líquida total média anual da atividade leiteira; LCT - Lucro total médio anual da atividade leiteira.

Com relação aos valores simulados para a margem bruta total média anual da atividade leiteira, constatou-se redução em decorrência do aumento da ineficiência reprodutiva. De forma semelhante, a margem líquida total média anual da atividade de pecuária de leite seguiu tendência de queda, em decorrência do aumento do IEP. Naturalmente, os valores obtidos pela simulação foram inferiores aos referentes à margem bruta total da exploração, em razão de terem sido acrescentados aos dispêndios efetivos os custos com depreciações e remunerações da mão-de-obra familiar. Ao serem incluídos, além disso, os custos de remunerações dos diversos fatores do capital imobilizado, houve significativa redução no lucro médio anual da atividade. No entanto, conforme esperado, permaneceu a retração dos benefícios financeiros com a diminuição da eficiência reprodutiva.

Finalizando a verificação dos prejuízos associados à condução inadequada do fator reprodução, observam-se os resultados da taxa de

remuneração sobre o capital investido na exploração (remuneração do capital empatado). Os valores simulados, correspondentes a IEP estreitos, não se diferenciaram expressivamente da taxa mínima de comparação de 6% a.a. Entretanto, em nível de validação do modelo, todos os resultados encontrados foram satisfatórios e coerentes com as análises sistêmicas previamente estabelecidas.

Para verificar numericamente os efeitos da taxa de reposição sobre a estrutura física da empresa, alterou-se seu valor de 20% para 25% a.a., mantendo tudo o mais constante; em seguida, procedeu-se à análise de sensibilidade apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses

IEP (meses)	Bezerros nascidos (cabeças)	Produção de novilhas (cabeças)	Compra de novilhas (cabeças)	Venda de novilhas (cabeças)	Produção de leite (litros)
11	770,00	371,88	0,00	217,23	545.232,40
12	718,71	352,54	0,22	195,78	532.180,20
13	657,93	338,14	0,44	185,50	527.430,42
14	619,33	328,06	0,63	175,70	523.529,20
15	596,94	318,22	0,79	166,09	514.686,46
16	565,87	307,38	1,18	155,65	487.228,18
17	530,87	297,21	1,58	145,88	466.942,25
18	507,79	289,05	2,03	136,88	446.850,65
19	488,43	278,93	2,45	128,14	429.246,75
20	471,75	272,75	2,84	124,96	413.374,55
21	455,91	270,11	3,21	122,68	397.390,26
22	439,15	267,47	3,58	120,41	383.103,51

Fonte: Dados da pesquisa.

De início, nota-se que as influências da eficiência reprodutiva nos índices selecionados para representar a estrutura física da empresa permaneceram nas mesmas direções que a simulação anterior (Tabela 9). Além disso, percebe-se que tanto o estoque de bezerros nascidos quanto o de novilhas produzidas durante toda a simulação, independentemente do intervalo entre partos (IEP) considerado, ficaram acima dos obtidos inicialmente. Tal situação era esperada, visto que, em análise sistêmica correspondente, alertou-se para o fato de que taxas de reposição elevadas implicam maiores entradas de novilhas no sistema, logicamente acompanhadas de maior número de nascimentos ocorridos e, por conseguinte, de elevada quantidade de novilhas produzidas.

Todavia, quando se aumentou a renovação do rebanho, elevou-se a demanda de novilhas, o que resultou em maiores compras e menores vendas, se comparado a taxas inferiores, como foi o caso ilustrado na Tabela 9.

Por fim, por meio dessa simulação, obtiveram-se valores para produção de leite média anual sempre superiores aos da taxa de reposição de 20% a.a., os quais se mostraram cada vez maiores, à medida que se aproximava de maior eficiência reprodutiva. Esses resultados representaram, justamente, o ganho genético de produção correspondente à técnica de inseminação artificial adotada pela unidade de produção.

Com vistas em visualizar o impacto na estrutura financeira da empresa, decorrente da elevação da taxa de reposição do plantel de 20% para 25% a.a., tudo o mais constante, elaborou-se a análise de sensibilidade apresentada na Tabela 12.

Em primeiro lugar, vale ressaltar a mesma tendência dos indicadores selecionados para representar a estrutura financeira da empresa, obtidos da realização da simulação referente à taxa de renovação de 20% a.a. (Tabela 10). Nota-se, também, pequena redução no custo total médio anual de produção de leite, ocasionada, tudo o mais constante, pelo incremento genético de produção de leite alcançado nessas condições, fato explicitado em análise sistêmica anterior (Figura 12).

Tabela 12 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 24 meses

IEP (meses)	CTP do leite (R\$/L)	MBT da atividade (R\$/ano)	MLT da atividade (R\$/ano)	LCT da atividade (R\$/ano)	Remuneração do capital (%)
11	0,51	160.060,21	124.957,14	79.875,24	8,32
12	0,52	149.631,47	114.528,40	69.446,50	7,62
13	0,52	144.046,81	108.943,74	63.861,84	7,25
14	0,53	139.840,71	104.737,64	59.655,74	6,97
15	0,55	117.401,84	82.298,77	39.208,87	5,73
16	0,56	108.968,12	73.865,05	30.775,15	5,14
17	0,57	102.867,94	67.764,87	24.674,97	4,72
18	0,58	96.618,82	61.515,75	18.425,85	4,28
19	0,62	75.995,30	40.892,23	-205,67	2,99
20	0,62	72.229,02	37.125,95	-3.971,95	2,71
21	0,63	68.607,17	33.504,10	-7.593,80	2,45
22	0,64	65.227,54	30.124,47	-10.973,43	2,20

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: CTP - Custo total de produção médio anual do leite; MBT - Margem bruta total média anual da atividade leiteira; MLT - Margem líquida total média anual da atividade leiteira; LCT - Lucro total médio anual da atividade leiteira.

Observa-se que os demais indicadores, indiferentemente do IEP médio do plantel, apresentaram resultados sempre superiores aos ilustrados na Tabela 10. A princípio, esses resultados pareceram contraditórios, pelo fato de a produção de leite não ter aumentado tão significativamente, além de ter havido retração na venda de novilhas, se comparado aos valores simulados relativos à taxa de reposição de 20% a.a. No entanto, justificou-se, perfeitamente, a magnitude desses indicadores, uma vez que os melhores resultados financeiros alcançados foram originados do aumento da venda de vacas. Ao final de cinco anos de simulação, para um rebanho de 128 vacas e taxa de renovação de 20% a.a., descartaram-se exatamente 128 animais, ao passo que, na mesma dimensão de plantel, 160 vacas foram destinadas ao descarte, quando se adotou uma taxa de reposição de 25% a.a.

Dado esse incremento na venda de vacas, verificou-se que, nas condições estabelecidas, a elevação do número de compras de novilhas não

trouxe prejuízos financeiros; ao contrário, a renovação do rebanho resultou apenas em benefícios para o caixa da empresa.

Com o propósito de visualizar o impacto na estrutura física da empresa, decorrente do aumento na idade das novilhas no primeiro parto, de 24 para 27 meses, mantidos constantes a taxa de reposição de 20% a.a. e os demais parâmetros, realizou-se a análise de sensibilidade ilustrada na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses

IEP (meses)	Bezerros nascidos (cabeças)	Produção de novilhas (cabeças)	Compra de novilhas (cabeças)	Venda de novilhas (cabeças)	Produção de leite (litros)
11	747,82	344,68	0,00	218,47	530.565,90
12	696,00	321,11	0,00	197,76	519.919,60
13	639,23	309,64	0,00	189,34	513.161,60
14	605,60	301,63	0,09	181,52	506.753,50
15	573,27	293,65	0,25	173,78	500.120,70
16	542,28	284,65	0,38	164,91	471.861,70
17	507,11	273,24	0,50	151,71	451.394,20
18	480,72	263,29	0,63	142,94	432.458,00
19	459,22	254,39	0,77	134,19	415.327,20
20	442,32	249,41	0,89	132,18	400.273,10
21	429,65	247,30	1,02	129,24	386.393,30
22	416,98	244,24	1,13	126,30	372.585,20

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados do estoque de bezerros nascidos foram exatamente iguais aos obtidos sob as condições estabelecidas na simulação, cujos valores estão na Tabela 9. Logicamente, a uma mesma taxa de reposição e a um mesmo intervalo entre partos (IEP), o número de nascimentos ocorridos teria de ser idênticos.

Entretanto, como era de esperar, os estoques correspondentes à quantidade de novilhas produzidas ao longo da simulação, independentemente

do IEP médio do plantel, apresentaram valores inferiores aos obtidos para a idade de 24 meses na primeira cria.

O número de compras realizadas de novilhas mostrou-se indiferente. Tal resultado pôde ser explicado pelo fato de os animais inicialmente presentes na fase de recria, conduzida na unidade de produção, terem sido suficientes para satisfazer à demanda de novilhas, até que o sistema pudesse ser realimentado pela própria simulação. Atrelado a essa justificativa, houve a capacidade expressiva desse sistema de gerar novilhas além do necessário para reposição, o que acabou contribuindo para a não sensibilização da variável compra, em face da alteração no valor da idade das novilhas no primeiro parto.

Mais uma vez, constatou-se que, para essa dimensão de rebanho, com os índices zootécnicos utilizados deixou-se de ganhar mais, em razão da queda na venda de novilhas, e não da elevação do número desses animais comprados.

Com relação à produção de leite média anual, nota-se que os valores simulados ficaram abaixo dos verificados à idade de 24 meses (Tabela 9). Esses resultados foram coerentes com a análise sistêmica apresentada inicialmente, já que, a uma mesma taxa de reposição e um mesmo intervalo entre partos, quanto maior a idade das novilhas no primeiro parto, maior o tempo necessário para esse animal expressar seu ganho genético de produção de leite obtido pelo melhoramento genético.

Com vistas em verificar o impacto na estrutura financeira da empresa, decorrente de um aumento na idade das novilhas no primeiro parto, de 24 para 27 meses, procedeu-se à realização da análise de sensibilidade apresentada na Tabela 14.

Observa-se que, a uma mesma taxa de renovação, o aumento da idade no primeiro parto causou pequena elevação no custo total médio anual do leite. Esses resultados foram condizentes com a queda na produção de leite, decorrente do menor ganho genético alcançado.

Tabela 14 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 20% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses

IEP (meses)	CTP do leite (R\$/L)	MBT da atividade (R\$/ano)	MLT da atividade (R\$/ano)	LCT da atividade (R\$/ano)	Remuneração do capital (%)
11	0,52	149.655,40	114.552,30	69.470,41	7,63
12	0,53	139.180,40	104.077,30	58.995,44	6,93
13	0,54	133.206,60	98.103,51	53.021,61	6,53
14	0,54	128.796,70	93.693,67	48.611,77	6,24
15	0,57	108.798,30	73.695,28	30.605,38	5,13
16	0,58	100.662,60	65.559,55	22.469,65	4,57
17	0,59	93.798,87	58.695,80	15.605,90	4,09
18	0,60	87.883,93	52.780,86	9.690,96	3,68
19	0,63	69.642,05	34.538,98	-6.558,92	2,52
20	0,64	66.679,21	31.576,14	-9.521,76	2,31
21	0,64	63.862,58	28.759,51	-12.338,39	2,10
22	0,65	60.933,51	25.830,44	-15.267,46	1,89

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: CTP - Custo total de produção médio anual do leite; MBT - Margem bruta total média anual da atividade leiteira; MLT - Margem líquida total média anual da atividade leiteira; LCT - Lucro total médio anual da atividade leiteira.

Todos os demais indicadores financeiros apresentaram valores ligeiramente abaixo dos verificados nos dados da Tabela 10. Logo, verificou-se que a lucratividade da atividade leiteira sofreu influência significativa de uma alteração na taxa de reposição, mantendo tudo o mais constante, do que o contrário, ou seja, modificação apenas na idade à primeira cria das novilhas, embora ambos tivessem afetado tanto a produção de animais quanto a de leite.

Em seguida, com o intuito de visualizar o impacto de um aumento da taxa de reposição de 20% para 25% a.a. na estrutura física da empresa, mantida a idade de 27 meses no primeiro parto e tudo o mais constante, elaborou-se a análise de sensibilidade descrita na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura física da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses

IEP (meses)	Bezerros nascidos (cabeças)	Produção de novilhas (cabeças)	Compra de novilhas (cabeças)	Venda de novilhas (cabeças)	Produção de leite (litros)
11	770,00	346,53	0,00	188,85	540.826,00
12	718,71	327,93	0,22	174,95	527.716,20
13	657,93	317,50	0,44	164,85	522.844,80
14	619,33	307,70	0,63	155,34	518.878,00
15	596,94	298,09	0,79	145,97	510.020,90
16	565,87	287,25	1,18	135,53	482.793,00
17	530,87	276,15	1,58	124,48	462.607,80
18	507,79	266,98	2,03	116,11	442.660,20
19	488,43	262,08	2,45	113,84	425.278,60
20	471,75	259,44	2,84	111,57	409.682,30
21	455,91	256,80	3,21	108,37	393.982,00
22	439,15	253,21	3,58	105,17	379.833,60

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se que os resultados obtidos para o estoque de bezerros nascidos ao longo da simulação foram idênticos aos correspondentes apresentados na Tabela 11. Conforme dito anteriormente, esses valores se repetiram em razão de se ter adotada uma mesma taxa de renovação, a um mesmo intervalo entre partos. Vale lembrar que são esses dois parâmetros que determinam o número de nascimentos ocorridos na atividade de pecuária leiteira.

Por ter sido mantida a idade no primeiro parto e aumentada a taxa de reposição de 20% para 25% a.a., o estoque de bezerras produzidas durante a simulação foi condizente também com o esperado, ou seja, ficou acima do encontrado na análise de sensibilidade ilustrada na Tabela 13.

Além disso, percebe-se que, com a elevação da demanda de novilhas, o número desses animais comprados aumentou. Todavia, verificou-se que esses valores, mais uma vez, não diferiram dos obtidos por meio de um aumento, de mesma magnitude, na taxa de renovação, porém para uma idade de 24 meses no primeiro parto.

Portanto, de forma análoga, o número inicial de animais presentes na fase de recria também foi suficiente para satisfazer a esse aumento na demanda de novilhas. Tal fato, conjuntamente com a capacidade desse sistema de gerar novilhas em número mais que suficiente para satisfação da necessidade de reposição adotada, indiferentemente da eficiência reprodutiva alcançada, contribuiu sobremaneira para a não sensibilização da variável responsável pela compra desses animais.

Observa-se, conforme verificado inicialmente na Tabela 11, que o aumento da taxa de renovação implicou a maior necessidade de reposição, o que resultou em menor quantidade de novilhas vendidas. De acordo com a análise sistêmica prévia, quanto maior a dimensão do intervalo entre partos (IEP), menor a venda de novilhas.

Finalmente, nota-se que o estoque de produção média anual de leite esteve acima do referente à taxa de reposição de 20% a.a. e idade de 27 meses no primeiro parto, independentemente do IEP médio do rebanho. Conforme alertado em diagramas de influência anteriores, a uma mesma idade no primeiro parto, quanto maior a taxa de renovação adotada, maior o ganho de produção de leite obtido pelo melhoramento genético (Figura 12).

Com o propósito de visualizar o impacto de um aumento da taxa de reposição de 20% para 25% a.a. na estrutura financeira da empresa, mantida a idade de 27 meses à primeira cria e tudo o mais constante, elaborou-se a análise de sensibilidade ilustrada na Tabela 16.

Observa-se que, mesmo a uma idade maior no primeiro parto, a elevação da taxa de renovação trouxe benefícios para a estrutura financeira da empresa, uma vez que se verificaram tendência de queda no custo médio anual do leite e sensível melhoria nos demais indicadores, se comparados aos apresentados na Tabela 14. No entanto, como era de esperar, o impacto benéfico nos indicadores da estrutura financeira, decorrente do aumento da taxa de reposição, mostrou-se inferior ao obtido em situação semelhante, porém com idade menor à primeira cria (Tabela 12).

Como os demais resultados encontrados nessa simulação foram condizentes com os de outras análises anteriormente discutidas, finalizou-se o processo de validação, ressaltando a sensibilidade do modelo à diferenciação de preços dos animais, decorrente do ganho genético obtido.

Tabela 16 - Resultados simulados dos principais indicadores da estrutura financeira da empresa, ao longo de diferentes intervalos entre partos, no período de cinco anos, rebanho de 128 vacas, taxa de reposição de 25% a.a. e idade ao primeiro parto de 27 meses

IEP (meses)	CTP do leite (R\$/L)	MBT da atividade (R\$/ano)	MLT da atividade (R\$/ano)	LCT da atividade (R\$/ano)	Remuneração do capital (%)
11	0,51	157.681,80	122.578,70	77.496,80	8,16
12	0,52	147.323,80	112.220,80	67.138,86	7,47
13	0,53	141.812,20	106.709,20	61.627,27	7,10
14	0,53	137.115,40	102.012,30	56.930,43	6,79
15	0,56	115.178,90	80.075,84	36.985,94	5,58
16	0,57	107.358,80	72.255,76	29.165,86	5,03
17	0,58	100.847,50	65.744,39	22.654,49	4,58
18	0,59	94.090,72	58.987,65	15.897,75	4,11
19	0,62	74.704,72	39.601,65	-1.496,25	2,89
20	0,63	71.354,72	36.251,65	-4.846,25	2,65
21	0,63	67.934,68	32.831,61	-8.266,29	2,40
22	0,64	64.658,57	29.555,50	-11.542,40	2,16

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: CTP - Custo total de produção médio anual do leite; MBT - Margem bruta total média anual da atividade leiteira; MLT - Margem líquida total média anual da atividade leiteira; LCT - Lucro total médio anual da atividade leiteira.

No que concerne a essa diferenciação, nota-se que, em todos os resultados financeiros apresentados, houve maior salto desses indicadores justamente naqueles intervalos entre partos (IEP) em que ocorreu alteração no preço dos animais. Tomando como exemplo os dados da Tabela 16, constata-se que o custo médio anual de produção de leite aumentou significativamente, quando o IEP passou, primeiramente, de 14 para 15 meses e, posteriormente, de 18 para 19 meses. Isto se deveu à diminuição da receita bruta da atividade, originada da venda de animais, e ao conseqüente aumento da contribuição da venda do leite às entradas de caixa da empresa.

Vale lembrar que o artifício utilizado na estimação do custo do leite, a partir do dispêndio da atividade, foi justamente o da participação do leite na renda da atividade. Os demais indicadores financeiros apresentaram, também, mudanças significativas em seus valores, nos mesmos IEP de transição de

preços dos animais. Logicamente, ao contrário do aumento verificado no custo, eles apresentaram queda significativa em seus valores.

Tendo em vista que os resultados obtidos em todas as simulações foram coerentes com os diagramas de influência propostos para identificar as principais relações existentes no processo produtivo da pecuária leiteira, consideraram-se os modelos matemáticos validados, dada a sua utilidade para a aplicação a que se propôs. Com a finalidade de estudar, com mais detalhes, o comportamento desse sistema de produção sob diferentes ações do tomador de decisão, elaboraram-se os cenários descritos na próxima seção.

### **3.2. Aplicação do modelo de simulação dinâmica**

Inúmeras são as vantagens de se trabalhar com modelos; dentre estas, destacam-se o custo reduzido com a realização de experimentos múltiplos, a rapidez na obtenção de resultados e, ainda, a facilidade de geração de conhecimento a partir da comparação de efeitos causados por ações distintas.

Como o sistema de apoio à decisão por hora desenvolvido possibilita, em curto espaço de tempo, a criação de diversos cenários, procedeu-se, nessa seção, à interpretação das conseqüências de decisões simuladas no funcionamento do sistema de produção em estudo.

Todavia, tendo em vista que a metodologia de dinâmica de sistemas não possui caráter preditivo, optou-se por retratar o comportamento desse processo produtivo sob diferentes situações, permitindo, portanto, simplesmente direcionar os esforços despendidos para satisfazer às necessidades do produtor.

Vale ressaltar que, num sistema complexo como é o caso da pecuária leiteira, o auxílio ao processo decisório torna-se relevante somente após a condução de número considerável de experimentações. No entanto, diferentemente da tradicional dependência do tempo para visualização dos impactos de políticas anteriormente implementadas nessa atividade, o método utilizado permite a simulação de anos de operação em segundos, mesmo que sujeitos a outras limitações<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> Sintetizaram-se os resultados obtidos em valores numéricos, como forma de traduzir, em linguagem prática, as análises qualitativas características da metodologia de dinâmica de sistemas. Acredita-se

Com a finalidade de facilitar o entendimento tanto das possibilidades de decisão como da forma utilizada, para se chegar aos resultados simulados – Interface – recorreu-se à elaboração detalhada do cenário de referência (Cenário 1), que retratou a situação atual da empresa rural, com vistas em permitir futuras comparações com resultados obtidos em outras simulações, para condução desse processo produtivo. Nos demais, mencionaram-se apenas as alterações realizadas nas variáveis do sistema, bem como seus objetivos pretendidos. Ressalta-se que a parametrização de todas as variáveis componentes não só do primeiro cenário, mas também dos seguintes, foi estabelecida em comum acordo com a capacidade de produção da própria empresa, descrita por seu administrador, em cada uma das decisões estudadas.

### **3.2.1. Cenário 1: situação atual da unidade de produção**

Conforme dito anteriormente, durante a exposição desse cenário, apresentou-se a seqüência de formulários que compõem a estrutura de interface do sistema de apoio à decisão (SAD) proposto. Assim, pode-se observar, primeiramente, a tela inicial do SAD – SIMULEITE – desenvolvido com a finalidade de dar apoio ao processo decisório em propriedades produtoras de leite<sup>37</sup> (Figura 30).

Iniciado o sistema, o próximo passo foi a descrição de algumas características que se pretendeu estabelecer, em razão das decisões a serem simuladas (Figura 31).

---

que, dessa forma, não haja perdas significativas nas interpretações dos comportamentos estudados; além disso, todos os indicadores selecionados representam estoques.

<sup>37</sup> Devido às limitações do *software Powersim 2.5c*, no que diz respeito à elaboração de interfaces, optou-se pela construção desta, utilizando-se, como base, as ferramentas de *Visual Basic* presentes no *software Excel 7.0*.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 30 - Formulário inicial do SIMULEITE.

**Informações Gerais**

Nível de Sanidade Adotado  
 Baixo  Médio  Alto

Nível de Manejo Adotado  
 Baixo  Médio  Alto

Nível de Genética Adotado  
 Baixo  Médio  Alto

Índices Zootécnicos Atuais

Intervalo entre Partos:	<input type="text" value="14"/>	Meses
Peso Médio do Rebanho:	<input type="text" value="550"/>	Kg
Produção Média do Rebanho:	<input type="text" value="12"/>	L/dia
Produção no Início da Lactação:	<input type="text" value="8"/>	L/dia
Produção no Pico da Lactação:	<input type="text" value="19"/>	L/dia
Produção no Final da Lactação:	<input type="text" value="8"/>	L/dia
Taxa de Reposição:	<input type="text" value="25"/>	%a.a
Taxa Mortalidade de Bezerros:	<input type="text" value="12"/>	%a.a
Idade ao Primeiro Parto:	<input type="text" value="33"/>	Meses

Simular Eficiência Reprodutiva  
 Sim  Não

Incorporar Imposto de Renda no Custo  
 Sim  Não

Simular Análise de Investimento  
 Sim  Não

< Voltar Avançar >

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 31 - Primeiro formulário de entrada de informações no SIMULEITE.

Nota-se que os níveis adotados nessa simulação para sanidade, manejo e genética foram médios, em razão de se ter retratado a realidade atual da unidade de produção. Posteriormente, descreveram-se os índices zootécnicos característicos do processo produtivo em análise. Percebe-se, além disso, que, embora os valores de produção de leite no início e no final da lactação tenham sido coincidentemente iguais, foram suficientes para representar as diferentes produções obtidas ao longo dos diversos níveis de eficiência reprodutiva simulados, conforme verificado, a princípio, no processo de validação.

De acordo com o método de ponderações discutido inicialmente<sup>38</sup>, o tomador de decisões pode optar pela simulação da eficiência reprodutiva. Se não for o caso, utiliza-se o mesmo intervalo entre partos, determinado no formulário anterior. Há, também, possibilidade de incorporar o valor do imposto de renda no custo de produção e de avaliar algum investimento pretendido. Finalizado o preenchimento desse formulário, procedeu-se à informação da composição atual do rebanho, bem como dos preços dos animais pertencentes às respectivas categorias<sup>39</sup> (Figura 32).

Além disso, observa-se que, devido à variabilidade do padrão genético das vacas e novilhas de leite, optou-se por três preços para cada um desses grupos de animais. Percebe-se ainda que, em conformidade com as características do sistema de produção, o tomador de decisão pode simular os benefícios financeiros da realização do melhoramento do plantel. Caso decida pela não diferenciação da qualidade desses animais, considerar-se-á a média dos preços praticados no mercado local.

Um dos itens mais importantes na condução do sistema de produção de leite é a alimentação do rebanho. Dessa forma, procurou-se explicitar o arraçoamento das diferentes categorias de animais presentes atualmente na unidade de produção (Figura 33).

---

<sup>38</sup> Para maiores detalhes, consultar a seção 2.5.1.

<sup>39</sup> Ressalta-se que, embora se tenham discriminado as categorias de animais conforme a condução do processo produtivo da unidade de produção tomada como estudo de caso, pode-se adaptar o modelo a outros sistemas de produção de leite praticados no Brasil. Esse fato decorre da particularidade característica de cada sistema de apoio à decisão, com relação ao objetivo pretendido.

**SIMULEITE - Simulador de Decisões na Bovinocultura de Leite**

**Informações Gerais**

Composição do Rebanho

Vacas em Lactação:	103	Cabeças
Vacas Secas:	25	Cabeças
Novilhas:	12	Cabeças
Bezerras de 1 mês:	6	Cabeças
Bezerras de 2 meses:	6	Cabeças
Bezerras de 3 meses:	6	Cabeças
Bezerras de 3 a 6 meses:	11	Cabeças
Bezerras de 6 meses ao Parto:	97	Cabeças

Valorização do Rebanho

Preço Alto para Vacas:	2000,00	R\$
Preço Médio para Vacas:	1500,00	R\$
Preço Baixo para Vacas:	1000,00	R\$
Preço Alto para Novilhas:	1200,00	R\$
Preço Médio para Novilhas:	1000,00	R\$
Preço Baixo para Novilhas:	800,00	R\$
Bezerras de 1 mês:	100,00	R\$
Bezerras de 2 meses:	200,00	R\$
Bezerras de 3 meses:	300,00	R\$
Bezerras de 3 a 6 meses:	400,00	R\$
Bezerras de 6 meses ao Parto:	700,00	R\$

Diferenciar Preços de Animais pela Qualidade

Sim     Não

< Voltar    Avançar >

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 32 - Segundo formulário de entrada de informações no SIMULEITE.

**SIMULEITE - Simulador de Decisões na Bovinocultura de Leite**

**Informações Gerais**

Alimentação do Rebanho

Relação Leite/Concentrado:	3	Unidade	0.51	R\$/Kg
Consumo de Silagem na Seca:	30	Kg MV/cab./dia	0.05	R\$/Kg MV
Consumo de Sal pelas Vacas:	0.100	Kg/cab./dia	1.02	R\$/Kg
Consumo de Sal pelas Novilhas:	0.050	Kg/cab./dia	0.61	R\$/Kg
Aleitamento Bezerras de 1 mês:	4	L/cab./dia	0.60	R\$/L
Aleitamento Bezerras de 2 meses:	3	L/cab./dia	0.60	R\$/L
Aleitamento Bezerras de 3 meses:	2	L/cab./dia	0.60	R\$/L
Concentrado Bezerras de 1 mês:	0.200	Kg/cab./dia	0.50	R\$/Kg
Concentrado Bezerras de 2 meses:	0.400	Kg/cab./dia	0.50	R\$/Kg
Concentrado Bezerras de 3 meses:	0.600	Kg/cab./dia	0.50	R\$/Kg
Concentrado Bezerras de 3 a 6 meses:	1.000	Kg/cab./dia	0.50	R\$/Kg

Preços Respectivos

< Voltar    Avançar >

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 33 - Terceiro formulário de entrada de informações no SIMULEITE.

A nutrição do plantel segue o manejo alimentar da unidade de produção analisada. Tomada a decisão com relação à quantidade de alimentados fornecidos aos animais, os seus efeitos foram estendidos ao longo de toda simulação. Na finalização do preenchimento desse formulário, informaram-se os preços dos respectivos insumos utilizados nessa etapa.

Na Figura 34, apresenta-se o quarto e último formulário de entrada de dados, necessário à realização da simulação do comportamento do processo produtivo, diante das diferentes decisões então tomadas.

**SIMULEITE - Simulador de Decisões na Bovinocultura de Leite**

**Informações Gerais**

Composição do Concentrado

Matéria Seca:  %  
 Proteína Bruta:  %  
 NDT:  %

Composição da Silagem

Matéria Seca:  %  
 Proteína Bruta:  %  
 NDT:  %

Simular Eficiência Produtiva

Sim  
 Não

Impostos e Taxas

Taxa de Juros:  %  
 ICMS:  %  
 FUNRURAL:  %  
 Incentivo à Produção:  %

Grau de Utilização do Imobilizado

Benfeitorias:  %  
 Equipamentos:  %  
 Terra:  %

Outros

Preço do Leite:  R\$/L  
 Área da unidade:  ha  
 Salário do Gerente:  R\$/mês  
 Preço da Terra:  R\$/ha

Carregar Simular  
 < Voltar Resultados

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 34 - Quarto formulário de entrada de informações no SIMULEITE.

Esse formulário trata de algumas decisões de caráter geral. Inicia-se pela definição da composição nutricional tanto do concentrado quanto da silagem fornecida às vacas em lactação, para, dessa maneira, tornar possível o cálculo da demanda nutricional desses animais e a posterior classificação do nível nutricional adotado, o qual define a eficiência produtiva alcançada.

A seguir, tem-se a definição dos valores dos impostos e das taxas considerados na simulação. Como forma de dar flexibilidade ao processo decisório, pode-se determinar o grau de utilização do capital imobilizado. Caso o produtor pretenda desenvolver outras atividades, basta redefinir o relacionado efetivamente com bovinocultura de leite e realocar o restante dos recursos da unidade de produção de acordo com seus objetivos.

Finalizou-se a obtenção das informações por meio da definição do preço do leite a ser considerado, do salário pretendido pelo administrador, da área destinada à atividade leiteira e do preço de venda da terra.

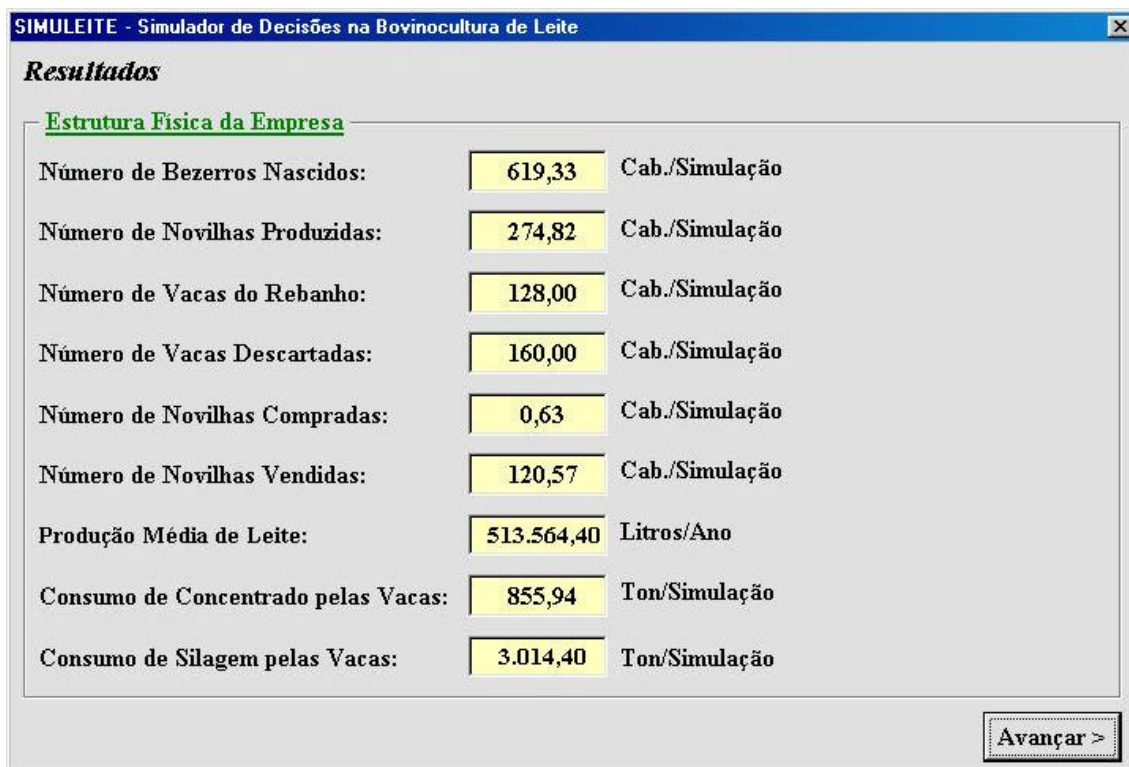
Definidos os parâmetros descritos nos formulários de entrada do SIMULEITE, procedeu-se à transferência de seus respectivos valores para as correspondes variáveis do modelo de dinâmica de sistemas – botão carregar. Nesse evento, dependendo das escolhas efetuadas pelo tomador de decisão, calcula-se a eficiência reprodutiva e produtiva alcançada, definindo-se, assim, os fatores de ponderação da produção a serem utilizados, bem como o intervalo entre partos a ser simulado.

Terminado esse processo de transferência de dados entre a planilha do *Excel* e o *software Powersim 2.5c*<sup>40</sup>, procedeu-se à simulação e à posterior obtenção dos resultados. Primeiramente, são apresentados os valores encontrados para os indicadores representativos do impacto das decisões na estrutura física de produção da empresa (Figura 35).

De acordo com a eficiência reprodutiva determinada pelo conjunto de decisões tomadas nesse cenário, obteve-se cerca de 619 nascimentos de bezerros ao longo da simulação. Nesse mesmo período, tornou-se possível, obviamente respeitada a idade de 33 meses na primeira cria, a subsequente produção de, aproximadamente, 274 novilhas.

---

<sup>40</sup> O *software Powersim 2.5c* permite a importação e exportação de dados para o *software Excel 7.0*. Esse artifício foi utilizado na construção do sistema de apoio à decisão apresentado neste trabalho, em razão de a interface ter sido desenvolvida fora do ambiente do *Powersim 2.5c*.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 35 - Primeiro formulário de resposta do SIMULEITE.

No que se refere à renovação do rebanho, observou-se que para um plantel de 128 vacas, como era de esperar, descartaram-se 160 animais, valor coerente com a taxa de reposição adotada de 25% a.a. Nota-se, além disso, que o sistema é capaz de produzir um excedente considerável de novilhas, uma vez que se tornou necessária a compra de somente cerca de um animal durante toda a simulação, enquanto se comercializaram, nesse mesmo espaço de tempo, aproximadamente 120 novilhas<sup>41</sup>.

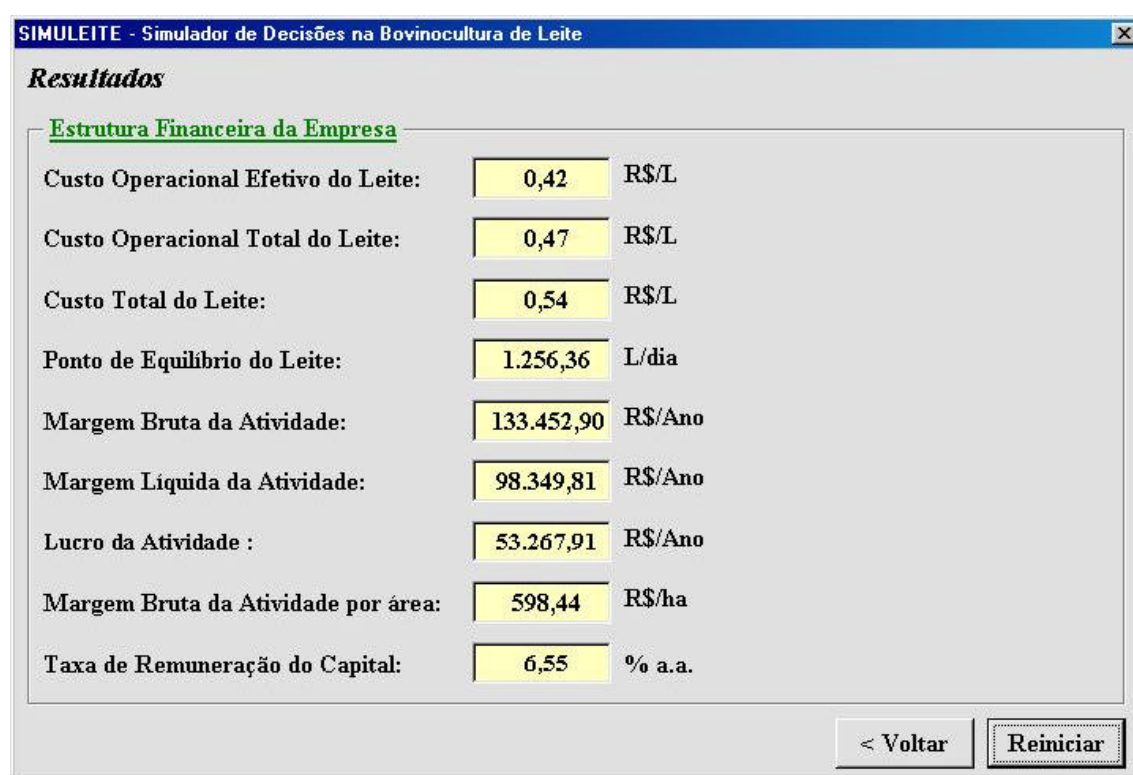
Com vistas em facilitar a interpretação, por parte do produtor, do volume de leite produzido, optou-se pela apresentação da média anual de leite produzido ao longo dos cinco anos simulados. Logo, obteve-se o valor de 513.564,40 L/ano para essa parametrização inicial.

Por fim, para se ter idéia da quantidade utilizada de concentrado e silagem no arração das vacas lactantes e, dessa forma, permitir o auxílio

<sup>41</sup> Os resultados foram fracionários em razão do método de integração numérica do *software* utilizado e do próprio detalhamento característico na interpretação de resultados em dinâmica de sistemas.

ao planejamento de sua produção, determinou-se o consumo desses insumos, encontrando-se o montante de 855,94 t/simulação para concentrado e de 3.014,40 t/simulação para consumo de silagem.

Com base nas características atuais da unidade de produção, visualizou-se esse comportamento do sistema com relação a sua estrutura física. De outra forma, com o propósito de conhecer também o impacto dessas decisões na estrutura financeira da empresa, obtiveram-se os indicadores ilustrados na Figura 36.



The screenshot shows a window titled "SIMULEITE - Simulador de Decisões na Bovinocultura de Leite". Under the heading "Resultados", there is a sub-section "Estrutura Financeira da Empresa". A table lists various financial indicators with their values and units. At the bottom right, there are two buttons: "< Voltar" and "Reiniciar".

Indicador	Valor	Unidade
Custo Operacional Efetivo do Leite:	0,42	R\$/L
Custo Operacional Total do Leite:	0,47	R\$/L
Custo Total do Leite:	0,54	R\$/L
Ponto de Equilíbrio do Leite:	1.256,36	L/dia
Margem Bruta da Atividade:	133.452,90	R\$/Ano
Margem Líquida da Atividade:	98.349,81	R\$/Ano
Lucro da Atividade :	53.267,91	R\$/Ano
Margem Bruta da Atividade por área:	598,44	R\$/ha
Taxa de Remuneração do Capital:	6,55	% a.a.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 36 - Segundo formulário de resposta do SIMULEITE.

Primeiramente, percebeu-se que o setor de produção de leite mostrou-se rentável, do ponto de vista econômico, uma vez que o valor simulado para o custo operacional efetivo de produção do leite situou-se abaixo do preço de R\$ 0,60/L, definido para esse produto. Pode-se dizer ainda que, para cada litro produzido, obteve-se uma margem bruta de R\$ 0,18. Portanto, a produção de leite foi viável tanto no curto quanto no longo prazo, já que o preço adotado para o leite, nessa simulação, mostrou-se capaz de cobrir não apenas os desembolsos relativos à produção leiteira, mas também os demais custos, como as remunerações da mão-de-obra familiar e as depreciações e remunerações de todos os itens do capital imobilizado.

Para se ter idéia do volume de leite necessário para cobrir custos totais de produção, determinou-se o ponto de equilíbrio, cujo valor encontrado, nessas condições atuais, foi de 1.256,36 L/dia. Pela produção média anual de leite verificou-se que a unidade de produção alcançou produção média diária de 1.407,02 litros, o que permitiu aumentar o capital a uma taxa superior à de 6% a.a., tomada como referência na avaliação da atratividade do negócio.

Nota-se, adicionalmente, que não apenas o setor de produção de leite mas também a atividade com um todo foram viáveis economicamente no curto e no longo prazo, já que se obtiveram médias anuais, para margem bruta, margem líquida e lucro, de R\$ 133.452,90, R\$ 98.349,81, R\$ 53.267,91, respectivamente. É provável que as diferenças significativas entre esses indicadores sejam devidas ao considerável patrimônio investido na pecuária leiteira, o que diminuiu o resultado financeiro desse processo produtivo.

Corroborando essa idéia, observaram-se, como consequência direta dessa dimensão da planta produtiva, baixos valores não só para a margem bruta por área, mas também para a taxa de rentabilidade do capital imobilizado na exploração agropecuária.

Como forma de criar uma base de comparação para a margem bruta por área, similar ao normalmente realizado para a taxa de remuneração do capital empatado na atividade, quando de sua confrontação com a taxa real de juros paga pelas cadernetas de poupança, recorreu-se ao levantamento das lucratividades, por área, de algumas das principais atividades competidoras com a pecuária leiteira praticada na região em estudo, como foi o caso do milho e da soja. Assim, observou-se que, em média, o valor de R\$ 598,44/ha,

simulado para a pecuária leiteira, diferiu, consideravelmente, tanto do valor de R\$ 854,05/ha, encontrado para o milho, quanto de R\$ 996,63/ha, determinado para a soja<sup>42</sup>. Verificou-se, além disso, que a taxa simulada para a remuneração do capital imobilizado foi de 6,55% a.a., valor ligeiramente superior à taxa mínima de juros paga pelas cadernetas de poupança.

Tais resultados indicaram, guardadas as simplificações e limitações da ferramenta utilizada, que, apesar de a bovinocultura de leite ter apresentado retornos superiores aos custos envolvidos no processo produtivo, sua rentabilidade poderia aumentar com a elevação da capacidade de produção desse sistema. Portanto, foram propostos os Cenários 2 e 3, apresentados a seguir.

### **3.2.2. Cenário 2: elevação do volume de leite produzido por meio do aumento do número inicial de vacas em lactação**

O segundo cenário proposto objetivou elevar a produção de leite por meio do aumento do número de vacas em lactação. Portanto, de acordo com a capacidade de suporte da unidade de produção, estabeleceu-se um estoque inicial de vacas lactantes 25% superior ao atual. Avaliou-se, além disso, a viabilidade do dispêndio necessário à compra desses animais, com vistas em demonstrar a aplicabilidade do modelo sugerido na análise de investimentos rotineiros da pecuária leiteira.

Pelos dados da Tabela 17 faz-se uma comparação entre os valores dos indicadores da estrutura física e financeira da empresa, simulados para as condições estabelecidas nos Cenários 1 e 2. No que refere à estrutura física do segundo cenário, observou-se que, mantidos constantes os valores de todas as demais variáveis utilizadas na primeira simulação, encontrou-se cerca de 740 nascimentos ocorridos durante essa simulação e, à mesma idade de 33 meses no primeiro parto, uma produção de novilhas em torno de 304 cabeças. Logicamente, esses valores obtidos foram superiores aos correspondentes à

---

<sup>42</sup> Embora calculados esses valores de margem bruta por área para as referidas culturas com base em dados médios, em nível nacional, contidos no AGRIANUAL 2004, acredita-se em sua validade, a título de simples comparação com os valores simulados para a atividade de pecuária leiteira conduzida na unidade de produção em estudo.

situação atual da unidade de produção, já que o número de vacas do rebanho elevou-se de 128 para 154 cabeças.

Devido ao fato de se ter aumentado o plantel e mantida a taxa de reposição em 25% a.a., incrementou-se o número de vacas descartadas em aproximadamente 32 cabeças, se comparado ao primeiro cenário.

Além disso, sabe-se que, a uma mesma taxa de renovação, quanto maior o rebanho, maior a demanda de novilhas. Por essa razão, tomando como base os resultados referentes às condições atuais da empresa, verificou-se que foi necessário elevar a compra desses animais em 0,55 cabeças e também reduzir a quantidade de novilhas vendidas<sup>43</sup> em 3,92 unidades.

De outra forma, o aumento do número inicial de vacas em lactação resultou em produção de leite média de 610.480,40 L/ano. Logo, como consequência dessa alteração na dimensão do rebanho, ocorreram dois fatores. Em primeiro lugar, a elevação do volume de leite produzido acarretou aumento no consumo de concentrado, cujo valor obtido, nessas novas condições, foi de 1.017,47 t/simulação. Em segundo, maior número de vacas lactantes implicou a elevação do consumo de silagem. Portanto, o valor simulado para esse fator de produção foi de 3.575,89 t/simulação, contra 3.014,40 t/simulação encontrado no primeiro cenário.

Nota-se que, de acordo com as análises sistêmicas estabelecidas anteriormente, esperava-se esse comportamento dos indicadores da estrutura física da empresa. Entretanto, tornou-se fundamental avaliar também o impacto gerado em sua estrutura financeira, conforme ilustrado na Tabela 17.

---

<sup>43</sup> Conforme dito anteriormente, os valores simulados pelo *Powersim 2.5c* apresentaram-se na forma fracionária, e, mesmo não havendo número de animais nessas condições, tornou-se importante deixar os valores de acordo com as condições simuladas, para assim perceber a sensibilidade do modelo às possíveis alterações em suas variáveis de entrada.

Tabela 17 - Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 2

Estrutura física				Estrutura financeira			
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 1		Cenário 2	
Indicadores	Valor	Unidade	Valor	Indicadores	Valor	Unidade	Valor
Bezerros nascidos	619,33	Cab/sim	740,40	COE do leite	0,42	R\$/L	0,41
Novilhas produzidas	274,82	Cab/sim	304,47	COP do leite	0,47	R\$/L	0,45
Vacas do rebanho	128,00	Cab/sim	154,00	CTP do leite	0,54	R\$/L	0,51
Vacas descartadas	160,00	Cab/sim	192,50	Ponto de equilíbrio	1.256,36	L/dia	1.430,33
Compra de novilhas	0,63	Cab/sim	1,18	MBT da atividade	133.452,90	R\$/ano	162.833,90
Venda de novilhas	120,57	Cab/sim	116,65	MLT da atividade	98.349,81	R\$/ano	127.730,80
Produção de leite	513.564,40	L/ano	610.480,40	LCT da atividade	53.267,91	R\$/ano	81.088,94
Consumo concentrado	855,94	t/sim	1.017,47	MBT/área atividade	598,44	R\$/ha	730,20
Consumo silagem	3.014,40	t/sim	3.575,89	Rem. do capital	6,55	% a.a.	8,22

95

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: COE – Custo operacional efetivo médio anual do leite; COP – Custo operacional total médio anual do leite; CTP – Custo total de produção médio anual do leite; MBT – Margem bruta total média anual da atividade; MLT – Margem líquida total média anual da atividade; LCT – Lucro total médio anual da atividade.

Por um lado, ao analisar os dados da referida tabela, quando considerado somente o dispêndio relacionado com gastos diretos, percebe-se que o custo unitário do leite foi de R\$ 0,41/L. Ao acrescentar as depreciações e os salários da mão-de-obra familiar, obteve-se um custo, para esse mesmo produto, de R\$ 0,45/L e, finalmente, descontando-se as remunerações diversas, obteve-se um custo total unitário de produção do leite de R\$ 0,51/L. Logo, o setor de produção de leite, de maneira idêntica ao constatado no Cenário 1, mostrou-se economicamente viável no curto e no longo prazo; além disso, devido à elevação na produção de leite, a margem bruta por litro elevou-se para R\$ 0,19, ampliando, por conseguinte, os rendimentos do produtor.

Por outro, observa-se que, embora os custos unitários de produção do leite tenham diminuído, o custo total aumentou, pois o valor encontrado para o ponto de equilíbrio, nessas condições, foi de 1.430,33 L/dia, contra 1.256,36 L/dia obtido no primeiro cenário. Portanto, apesar de o custo total de produção do leite ter se elevado, em virtude do aumento no número de vacas lactantes, a produção de leite elevou mais que proporcionalmente a esse incremento no custo total, o que resultou em custos unitários inferiores.

Avaliou-se, ainda, a viabilidade econômica da atividade leiteira por meio da margem bruta, da margem líquida e do lucro, determinados nessa simulação. Os valores encontrados para as médias anuais desses indicadores foram de R\$ 162.833,90, R\$ 127.730,80 e R\$ 81.088,94, respectivamente. Percebe-se que todos se situam, significativamente, acima daqueles referentes à situação atual da unidade de produção, possivelmente em razão do aumento do número de vacas descartadas e da elevação considerável do volume de leite produzido. Analogamente ao primeiro cenário, verifica-se que a exploração agropecuária correspondente à pecuária leiteira foi viável economicamente no curto e no longo prazo, pelos mesmos motivos inicialmente discutidos.

Ademais, esse aumento da escala de produção, mantida constante a tecnologia atual do processo produtivo em estudo, permitiu a elevação da rentabilidade da atividade leiteira, uma vez que se obteve uma margem bruta simulada, por área, de R\$ 730,20/ha. Esse valor foi moderadamente superior aos R\$ 598,44/ha encontrados nas condições atuais e razoavelmente próximo ao valor de R\$ 854,05/ha, determinado para produção de milho. A rentabilidade do capital imobilizado comportou-se da mesma maneira, apresentando um

valor de 8,22% a.a., consideravelmente superior aos 6,55% a.a., obtido no primeiro cenário (Tabela 17).

Por fim, considerando-se a compra de 26 vacas – aumento de 25% no estoque inicial de vacas em lactação – a R\$ 2.000,00/cabeça, valor condizente com o padrão genético dos animais presentes atualmente na unidade de produção, a quantia investida totalizou R\$ 52.000,00. De acordo com o modelo de análise de investimentos, esse montante foi retornado em apenas dois meses, o que retrata a elevada capacidade de geração de receitas dessa atividade, em face dessa situação. Obteve-se, também, um fluxo de caixa acumulado de R\$ 725.272,62, ao longo dos cinco anos de simulação. Dessa forma, o investimento realizado na compra de matrizes leiteiras foi significativamente viável, de acordo com o indicador selecionado e respeitadas as limitações pertinentes.

Com base nos resultados encontrados nesse segundo cenário, verifica-se que a elevação da produção de leite pelo aumento do número de vacas em lactação contribuiu, sobremaneira, para melhoria dos indicadores financeiros da atividade leiteira. Todavia, sabendo-se dessa melhoria de comportamento do sistema, no que se refere ao caixa da empresa, procurou-se avaliar outra alternativa de incrementar o volume de produção de leite, conforme descrito no próximo cenário.

### **3.2.3. Cenário 3: elevação do volume de leite produzido por meio do aumento de produtividade das vacas**

Este terceiro cenário objetivou elevar a produção de leite por intermédio do aumento de produtividade das vacas quando lactantes. Portanto, estabeleceu-se uma nova curva de lactação, verificada para alguns animais de qualidade genética superior, já presentes atualmente no plantel. Tudo o mais constante, considerou-se uma produção, no início da lactação, de 10 L/dia, que atingiu o pico de 27 L/dia; finalizada a lactação, produziram-se 8 L/dia, o que caracterizou uma produção média de 15 L/dia.

Pelos dados da Tabela 18, comparam-se os valores dos indicadores da estrutura física e financeira da empresa, simulados para as condições estabelecidas nos Cenários 1 e 3.

Tendo em vista que todas as demais variáveis foram valoradas de acordo com os mesmos parâmetros utilizados na simulação do primeiro cenário, encontraram-se números idênticos para nascimentos ocorridos, novilhas produzidas, compradas e vendidas, vacas descartadas e consumo de silagem (Tabela 18). Dessa forma, visualizou-se o impacto da decisão na estrutura física da empresa somente por meio dos indicadores diretamente afetados pela alteração da curva de produção de leite das vacas.

Esclarecidos esses detalhes, verifica-se, nos dados da Tabela 18, que a produção média de leite obtida foi de 636.159,40 L/ano. Esse valor foi superior não apenas aos 513.564,40 L/ano encontrados no primeiro cenário, mas também aos 610.480,40 L/ano verificados quando do aumento do estoque inicial de vacas lactantes. Logo, a elevação da produção pelo incremento de produtividade proporcionou maior volume de leite produzido do que se comparado ao acréscimo estipulado para o número inicial de vacas lactantes.

Vale lembrar que, a uma mesma relação Leite/Concentrado adotada, quanto maior a produção de leite, maior o consumo de concentrado. Assim, obteve-se um consumo de concentrado de 1.060,27 t/simulação, valor maior do que os encontrados nos Cenários 1 e 2. De posse dessa informação e com o intuito de avaliar o resultado dessa alteração também na estrutura financeira da unidade de produção, partiu-se para a análise dos indicadores selecionados para sua representação (Tabela 18).

Tabela 18 - Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 3

Estrutura física				Estrutura financeira			
Cenário 1		Cenário 3		Cenário 1		Cenário 3	
Indicadores	Valor	Unidade	Valor	Indicadores	Valor	Unidade	Valor
Bezerros nascidos	619,33	Cab/sim	619,33	COE do leite	0,42	R\$/L	0,40
Novilhas produzidas	274,82	Cab/sim	274,82	COP do leite	0,47	R\$/L	0,44
Vacas do rebanho	128,00	Cab/sim	128,00	CTP do leite	0,54	R\$/L	0,50
Vacas descartadas	160,00	Cab/sim	160,00	Ponto de equilíbrio	1.256,36	L/dia	1.447,80
Compra de novilhas	0,63	Cab/sim	0,63	MBT da atividade	133.452,90	R\$/ano	172.845,10
Venda de novilhas	120,57	Cab/sim	120,57	MLT da atividade	98.349,81	R\$/ano	137.742,00
Produção de leite	513.564,40	L/ano	636.159,40	LCT da atividade	53.267,91	R\$/ano	92.660,11
Consumo concentrado	855,94	t/sim	1.060,27	MBT/área atividade	598,44	R\$/ha	775,09
Consumo silagem	3.014,40	t/sim	3.014,40	Rem. do capital	6,55	% a.a.	9,17

69

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: COE – Custo operacional efetivo médio anual do leite; COP – Custo operacional total médio anual do leite; CTP – Custo total de produção médio anual do leite; MBT – Margem bruta total média anual da atividade; MLT – Margem líquida total média anual da atividade; LCT – Lucro total médio anual da atividade.

Primeiramente, considerando-se os custos de produção implícitos e explícitos relacionados com produção de leite, obteve-se o valor de R\$ 0,50/L. Em seguida, ao excluir desse dispêndio os juros sobre o capital imobilizado, o custo unitário passou a ser de R\$ 0,44/L. Ao subtrair, ainda, as remunerações da mão-de-obra familiar e as depreciações dos bens do capital estável, encontrou-se o valor de R\$ 0,40/L para custo operacional efetivo unitário de produção de leite. Nessas condições, a margem bruta obtida por litro de leite produzido foi de R\$ 0,20, ao preço de R\$ 0,60/L do leite, utilizado nas simulações anteriores. Percebe-se a viabilidade econômica da produção de leite quando se elevou a produtividade das vacas, pois, além de os custos serem completamente cobertos pelo preço do leite, foram inferiores a todos os demais encontrados nos outros cenários.

No entanto, como verificado na análise do impacto na estrutura física da empresa, esse aumento da capacidade de produção individual dos animais gerou elevação no consumo de concentrado, pois quanto maior a produtividade da vaca, maior sua demanda nutricional. Logo, constata-se o efeito desse deslocamento da curva de produção de leite no seu custo total, por meio do valor de 1.447,80 L/dia encontrado para o ponto de equilíbrio nesse cenário (Tabela 18), o qual superou os demais obtidos anteriormente, o que reflete exatamente o maior consumo de concentrado, nessa nova situação.

De forma análoga, verifica-se que o aumento na quantidade produzida de leite foi mais que proporcional à elevação no custo total decorrente de maiores gastos com concentrados, uma vez que, conforme verificado no ponto de equilíbrio, houve necessidade de produzir maior quantidade de leite para cobrir os custos totais, mantendo tudo o mais constante. No entanto, os custos unitários de produção apresentaram valores inferiores aos de outras simulações.

Ao analisar os dados da Tabela 18, nota-se que a margem bruta da atividade, resultante da diferença entre a receita conjunta da venda de leite e de animais e seu respectivo custo operacional efetivo, foi de R\$ 172.845,10, o que significa que essa exploração agropecuária, do ponto de vista econômico, foi viável no curto prazo. Quando computados os custos relativos à administração e às depreciações do capital investido, obteve-se uma margem líquida de R\$ 137.742,00, o que caracteriza a atividade como economicamente

viável também no longo prazo. Por fim, considerando-se, além disso, os custos correspondentes aos juros sobre o capital empatado, o lucro obtido foi de R\$ 92.660,11. Contudo, verifica-se que o aumento de produtividade dos animais foi capaz de elevar a lucratividade da exploração leiteira em níveis superiores aos simulados para o acréscimo no número inicial de vacas em lactação.

Os benefícios da decisão de aumentar a produtividade das vacas estendem-se aos indicadores de rentabilidade da atividade pecuária de leite, já que os valores encontrados para a margem bruta por área e taxa de remuneração do capital imobilizado foram de R\$ 775,09/ha e 9,17% a.a., respectivamente (Tabela 18). Nota-se que essa expansão na produção de leite trouxe melhorias consideráveis para a atratividade dessa exploração, se comparado aos atuais R\$ 598,44/ha e 6,55% a.a., obtidos no primeiro cenário. Entretanto, a margem bruta por área, obtida da pecuária leiteira, permaneceu inferior tanto ao valor de R\$ 854,05/ha, calculado para o milho, quanto ao de R\$ 996,63/ha, determinado para a soja. Além disso, o valor encontrado para a taxa de rentabilidade do capital imobilizado na atividade leiteira, apesar de superior ao correspondente à situação atual da empresa, mostrou-se ainda pouco atrativo, se comparado com outras possibilidades factíveis de aplicação financeira.

Embora o aumento da produção individual das vacas tenha ocasionado maior consumo de concentrado, a rentabilidade da exploração agropecuária praticada pela unidade de produção em estudo melhorou, se comparada à situação atual. Por conseguinte, dentre as opções simuladas, esta pareceu ser o melhor caminho para gerar resultados satisfatórios para o caixa da empresa, respeitadas, é claro, as limitações da metodologia utilizada neste trabalho.

Tendo em vista que a estratégia de elevação do volume de leite, por meio do aumento de produtividade das vacas, mostrou ser, provavelmente, a solução de longo prazo para reduzir seu significativo custo fixo e que, independentemente da forma encontrada, qualquer aumento da produção de leite causa acréscimos constantes no consumo de concentrado, sugeriu-se um quarto e último cenário.

### **3.2.4. Cenário 4: administração do preço do concentrado**

Considerando que, historicamente, os gastos com concentrado para vacas em lactação participam de fatia considerável dos custos da atividade leiteira e que o aumento da produção de leite ocorre, conjuntamente, com o maior consumo desse alimento, foi proposta uma combinação alternativa de concentrado, de mesmo padrão nutricional, ao preço de R\$ 0,43/kg. Logo, mantendo os demais dados utilizados na situação atual da empresa, procurou-se alterar somente o custo desse item e verificar as conseqüências dessa decisão prática e de curto prazo nas finanças da empresa.

Na Tabela 19 comparam-se os valores dos indicadores da estrutura física e financeira da empresa, simulados para as condições estabelecidas nos Cenários 1 e 4.

Assim, ao analisar os dados ilustrados na referida tabela, observa-se que, primeiramente, a esse preço de concentrado, os valores simulados para os custos unitários operacionais, efetivo e total e para o custo unitário total de produção do leite foram de R\$ 0,40/L, R\$ 0,45/L e R\$ 0,52/L, respectivamente. Houve, portanto, ligeira queda nesses valores, se comparado aos obtidos para preço do concentrado utilizado atualmente pela unidade de produção.

Com relação ao custo total de produção do leite, pode-se dizer que este também foi reduzido, uma vez que o ponto de equilíbrio obtido nessa simulação foi de 1.218,83 L/dia, contra 1.256,36 L/dia encontrado no primeiro cenário, o que indica a necessidade de menor produção diária de leite para cobrir os custos totais (Tabela 19).

Ademais, essa simples substituição na formulação do concentrado implicou maior lucratividade para a atividade leiteira, em média, superior em R\$ 10.756,20 para cada ano de simulação, se confrontado com os valores encontrados no primeiro cenário para margens bruta, líquida e para lucro dessa exploração agropecuária.

Tabela 19 - Comparação dos resultados simulados para a estrutura física e financeira da empresa, referentes aos Cenários 1 e 4

Estrutura física				Estrutura financeira			
Cenário 1		Cenário 4		Cenário 1		Cenário 4	
Indicadores	Valor	Unidade	Valor	Indicadores	Valor	Unidade	Valor
Bezerros nascidos	619,33	Cab/sim	619,33	COE do leite	0,42	R\$/L	0,40
Novilhas produzidas	274,82	Cab/sim	274,82	COP do leite	0,47	R\$/L	0,45
Vacas do rebanho	128,00	Cab/sim	128,00	CTP do leite	0,54	R\$/L	0,52
Vacas descartadas	160,00	Cab/sim	160,00	Ponto de equilíbrio	1.256,36	L/dia	1.218,83
Compra de novilhas	0,63	Cab/sim	0,63	MBT da atividade	133.452,90	R\$/ano	144.209,10
Venda de novilhas	120,57	Cab/sim	120,57	MLT da atividade	98.349,81	R\$/ano	109.106,10
Produção de leite	513.564,40	L/ano	513.564,40	LCT da atividade	53.267,91	R\$/ano	64.024,17
Consumo concentrado	855,94	t/sim	855,94	MBT/área atividade	598,44	R\$/ha	646,68
Consumo silagem	3.014,40	t/sim	3.014,40	Rem. do capital	6,55	% a.a.	7,26

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: COE – Custo operacional efetivo médio anual do leite; COP – Custo operacional total médio anual do leite; CTP – Custo total de produção médio anual do leite; MBT – Margem bruta total média anual da atividade; MLT – Margem líquida total média anual da atividade; LCT – Lucro total médio anual da atividade.

No que concerne à rentabilidade da pecuária de leite praticada na unidade de produção em análise, observa-se, nos dados da Tabela 19, que a diminuição no preço do concentrado para vacas resultou em margem bruta da atividade, por área, de R\$ 646,68/ha e em uma taxa de remuneração do capital imobilizado de 7,26% a.a., valores superiores aos atuais, R\$ 598,44/ha e 6,55% a.a. Logo, uma simples ação rotineira do administrador desse processo produtivo trouxe melhorias tanto para as entradas financeiras quanto para a atratividade do negócio, mesmo que não tão expressivas, embora vantajosas, se comparado à razão custo/benefício de obtê-las.

Apesar de gerar bons resultados para o caixa da empresa, como visualizado nos valores dos indicadores financeiros obtidos nesse cenário, essa simples gestão no custo do concentrado parece passar despercebida pelos empresários, que, normalmente, têm se ocupado da realização de tarefas relacionadas, na maioria das vezes, com técnicas de ganhos de produção na atividade leiteira. De maneira geral, os produtores de leite tomam o preço do concentrado como dado, procurando, assim, ganhar tempo e concentrar esforços para elevar a capacidade produtiva do sistema e, dessa forma, combater as condições impostas pelo mercado. A constante necessidade de aumento de escala de produção na pecuária leiteira, defendida por muitos pesquisadores da área, parece obscurecer mais um dos problemas atuais da atividade, qual seja, sua administração, que geralmente ainda é deficiente. O fato é que, no aspecto gerencial, produzir 500 L/dia é muito diferente de produzir, por exemplo, o dobro ou o triplo.

Ressalta-se que é possível construir uma infinidade de possibilidades de simulações de cenários distintos relacionados com várias formas de condução da atividade leiteira. No entanto, a título de demonstração do sistema de apoio à decisão desenvolvido neste trabalho e respeitadas as limitações da metodologia utilizada, os resultados obtidos nessas experimentações permitiram a realização de algumas inferências sobre o comportamento do sistema em estudo.

Observa-se que tanto a lucratividade quanto a rentabilidade da exploração leiteira melhoraram à medida que houve elevação no volume de leite produzido, possivelmente devido ao fato de a empresa produzir pouco pelo patrimônio que possui. Essa justificativa se tornou bastante plausível,

dadas as significativas diferenças entre alguns indicadores financeiros, de modo geral, quando da inclusão dos dispêndios relacionados com capital imobilizado nesse processo produtivo, bem como pelos baixos valores encontrados para os principais indicadores da atratividade do negócio, como foi o caso da margem bruta por área e da taxa de rentabilidade do capital empatado na atividade.

Inferiu-se, ainda, que o fator terra, dado a caráter descritivo da ferramenta utilizada, talvez seja o maior responsável pela queda nesses indicadores, principalmente com relação aos valores obtidos da margem bruta por área da pecuária de leite, índice diretamente afetado pela extensão da área onde se pratica a atividade. Além disso, indiferente do cenário simulado, essa variável foi razoavelmente inferior aos valores de outras atividades agrícolas usadas para comparação. Em outras palavras, pode-se afirmar que o fator terra encontra-se, provavelmente, em excesso nesse processo produtivo, podendo, razão por que é indispensável lançar mão de métodos normativos para estudar, com mais propriedade, essa questão.

Dessa forma, além de se ter verificado a necessidade de expansão da produção de leite, também se identificou outra margem de ajuste na atividade praticada nessa unidade de produção. Assim, pela extensão significativa da área em que se pratica efetivamente a pecuária de leite na referida empresa em análise, recomenda-se, se indicada pelo método normativo, a realocação desse fator de produção. Tal medida pode reduzir os custos implícitos quando da sua utilização, apenas para obtenção da insuficiente produção quantificada atualmente nessa atividade leiteira, se comparado à rentabilidade potencial do montante de capital empatado nessa exploração.

Com base nos resultados obtidos nos cenários relacionados com decisão de aumento da produção de leite, pode-se dizer que, apesar de ter sido um investimento de elevado grau de liquidez, dado o curtíssimo período de tempo necessário à sua recuperação, a compra de vacas não resultou em ação de benefícios financeiros tão expressivos, se comparada à elevação do volume de leite por meio do aumento de produtividade das vacas.

Observa-se também que a troca de tecnologia, com o propósito de aumentar a produção individual de leite, implicou acréscimos no consumo de concentrado. Portanto, embora a elevação da produtividade se caracterize

como um resultado a ser alcançado no longo prazo, pode-se adotar, desde já, a estratégia de gerenciamento da formulação de um concentrado de mesma composição nutricional, porém de preço mais acessível, respeitados, é claro, outros fatores, como, por exemplo, a digestibilidade do alimento. Vale ressaltar que, apesar de terem sido encontrados resultados financeiros ligeiramente superiores aos da situação atual da empresa, essa ação se caracteriza por sua facilidade de implementação, já que depende, simplesmente, da busca de maiores informações sobre os mercados desses insumos.

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

A cadeia produtiva do leite tem passado por profundas transformações nos últimos anos. Essas alterações, juntamente com a necessidade atual de modernização dos processos administrativos agropecuários, têm exigido dos tomadores de decisão maior agilidade e habilidade em suas atividades.

Nesse sentido, conhecidas as particularidades características dos sistemas orientados à produção de leite, acredita-se que o sucesso desses empreendimentos esteja diretamente relacionado com a capacidade de gerar e processar informações, capazes de auxiliar, em potencial, esses empresários rurais em seus processos decisórios.

Com efeito, dada a utilidade da metodologia de dinâmica de sistemas, no que se refere ao estudo de comportamentos de sistemas complexos, desenvolveu-se um sistema de apoio à decisão para propriedades produtoras de leite, tendo como base um modelo de simulação dinâmica.

Os modelos dinâmicos foram elaborados com base em diagramas de influências representativas do sistema produtivo praticado em uma unidade de produção de leite tomada como estudo de caso, refletindo, portanto, o conhecimento da atividade leiteira por parte do administrador dessa empresa.

Explicitados os principais *feedback* e relações características do processo produtivo em questão, partiu-se para sua modelagem matemática. Com vistas em verificar a representatividade do modelo dinâmico em face dos diagramas de influência desenvolvidos, criou-se primeiramente uma estrutura

de validação. Tendo em vista que a dinâmica desse sistema é dada pelo intervalo entre parto, determinante direto do número de animais nascidos ao longo da simulação, e que, além disso, o volume de leite produzido é definido durante o período de lactação dos animais, procurou-se validar as mais diversas situações possíveis de cada vaca com relação a essas variáveis. Posteriormente, elaboraram-se análises de sensibilidade para alguns dos principais índices zootécnicos do rebanho, característicos do processo de produção de leite.

Constatada a capacidade do modelo matemático no que diz respeito à representação das relações esperadas entre as variáveis do sistema de produção de leite estabelecidas em análise sistêmica prévia, elaborou-se, utilizando *Visual Basic* para o *software Excel*, uma interface visual capaz de interagir com o tomador de decisão e, dessa maneira, facilitar o uso da ferramenta por hora concebida para simulação de decisões relativas à pecuária leiteira em questão.

Elaborados os cenários relacionados com a forma de se conduzir o processo produtivo da empresa agropecuária em estudo, partiu-se para a exemplificação do referido aplicativo. Por meio de algumas simulações realizadas, constatou-se a necessidade de elevação do volume de leite produzido, com vistas em aumentar não só a lucratividade, mas também a rentabilidade da atividade leiteira realizada por essa unidade de produção.

Especificamente, pode-se dizer que, dentre as alternativas simuladas, a estratégia de aumento de produtividade das vacas pareceu ser a mais indicada para atingir esses objetivos; no entanto, essa ação impactou diretamente o consumo de concentrado, o que elevou, por conseguinte, o custo total de produção do leite.

Com o intuito de contornar esse inconveniente, recomendou-se, guardadas as limitações da metodologia utilizada, a formulação de um concentrado de mesmo padrão nutricional, entretanto, de preço mais acessível. Essa estratégia caracteriza-se como ação passível de ser tomada ainda no curto prazo, cujos resultados, verificados em simulação, foram razoavelmente interessantes, do ponto de vista financeiro e econômico, para a empresa.

Ademais, o método descritivo utilizado, por seu menor grau de abstração da realidade se comparado a outras metodologias de decisão,

permitiu a sinalização de caminhos a serem seguidos, visando melhorar o comportamento do sistema. Evidenciados os pontos fortes e, ou, fracos do processo de produção, pôde-se, a partir do conhecimento levantado mediante simulações descritivas, proceder à modelagem normativa e, dessa forma, quantificar os esforços a serem despendidos para, efetivamente, ajustar o sistema de produção às novas condições pretendidas. Acredita-se que essa integração, dentre os métodos distintos, propicie a condução de um processo racional de tomada de decisão em sistemas caracterizados pela elevada inter-relação das variáveis e dependência do tempo para visualização dos efeitos causados pela interação entre os componentes deste.

Apesar de o sistema de apoio à decisão ter sido elaborado para uma única unidade de produção de leite, constatou-se a relevante contribuição da metodologia de dinâmica de sistemas para o aumento do conhecimento da estrutura de funcionamento do sistema de produção de leite – diagramas de influência – estimulando, assim, a simulação de ações estratégicas nessa exploração agropecuária. Ressalta-se, além disso, que adaptações podem ser incorporadas aos elementos constituintes dessa ferramenta, a fim de realizar aplicações em outras empresas rurais dessa natureza.

Como protótipo, o sistema desenvolvido neste trabalho apresentou limitações, razão pela qual necessita de aperfeiçoamentos. Dessa forma, recomenda-se que, em estudos futuros, haja maior aprofundamento no processo de representação correspondente à fase de recria de novilhas e inserção da depreciação sobre o valor desses animais no custo de produção, quando da necessidade de efetuar a compra destes.

A modelagem não só dos demais elos da cadeia produtiva do leite, mas também do mercado internacional de lácteos, poderia contribuir, substancialmente, para a proposição de ações relacionadas com o aumento de competitividade do setor, em face das alterações em um ambiente macro.

Vale ressaltar que a incorporação de sistemas especialistas que visam facilitar a interpretação e a análise de comportamentos do sistema, além da indicação de novas estratégias e simulações, tem significativa importância para este trabalho.

No que se refere ao *software* de simulação dinâmica *Powersim 2.5c*, pode-se dizer que as estruturas utilizadas na construção de interfaces são

limitadas e ainda causam distorções nos resultados obtidos, o que inviabiliza seu uso não só em sistemas caracterizados pela elevada quantidade de informações iniciais necessárias à parametrização do modelo, mas também em análises que necessitem de certo grau de precisão numérica.

As análises realizadas com sistema SIMULEITE podem ser úteis ao planejamento de empresas produtoras de leite, desde que sejam acompanhadas por um profissional capacitado. Espera-se que este seja um instrumento passível de ser utilizado por cooperativas, consultores e técnicos da área. Com uma plataforma simples, o programa permite a visualização dos benefícios de uma decisão acertada e dos prejuízos de uma decisão errada, informações de grande valia para o produtor. No entanto, deve-se ter em mente que há limitações no *software*, que deve ser utilizado como mais uma das ferramentas de apoio, já que a decisão final e suas conseqüências cabem ao próprio produtor.

Finalmente, o modelo elaborado tratou de um modelo biológico-econômico, já que não contemplaram neste trabalho aspectos como níveis ótimos de fatores de produção, obviamente em razão da utilização de um método descritivo, e não metodologias relacionadas com alocação de recursos. Ademais, ressalta-se que o método de dinâmica de sistemas, apesar de simular valores ao longo do tempo, não é aplicado nas previsões dos produtos gerados pelo sistema, já que não se considera o risco envolvido no processo.

Por fim, acredita-se ter aproximado, na medida do possível, as teorias por ora presentes em abundância nas universidades daqueles que mais necessitam delas em seu dia-a-dia, especialmente os produtores que continuam lutando, sol a sol, contra todas as adversidades vivenciadas recentemente na cadeia do leite. Esse esforço justifica, plenamente, as horas despendidas pelo autor na busca incessante de uma ferramenta que, por mais limitada que seja, aproxima-se o bastante das reais necessidades desses indivíduos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2004. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2004. 496 p.

ALVIM, R. **Exportações de lácteos batem recorde**. Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index.wsp>>. Acesso em: 17 out. 2004.

ANDRIGUETTO, J.M., GEMAEL, A., SOUZA, G.A., MINARDI, I., FLEMMING, J.S., PERLY, L., FLEMMING, R., VINNE, J.U. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Paraná: Nutrição LTDA., 1986. 138 p.

ANUALPEC 2004. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP, 2004. 400 p.

ASSIS, A.G., BARBOSA, P.F., SILVA JR., A.G. **Modelagem de sistemas para tomada de decisões na pecuária leiteira**. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br>>. Acesso em: 17 abr. 2004.

AVELLAR, S.O.C. **Estratégias de comercialização em laticínios de pequeno porte: uma abordagem de dinâmica de sistemas**. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

BATALHA, M.O., SILVIA, A.L., TOLEDO, J.C., NANTES, J.F.D., PAULILLO, L.F., ALVES, M.R.P.A., AZEVEDO, P.F., ETAHLBERG, P.F., FIGUEIREDO, R.S., SPROESSER, R.L., NETO, S.B. **Gestão agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1997. v. 1, 569 p.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. 7.ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991. 266 p.

CARVALHO, L.A., NOVAES, L.P., GOMES, A.T., MIRANDA, J.E.C., RIBEIRO, A.C.C.L. **Mercados e comercialização: mercado de leite e derivados.** Disponível em: <<http://www.cnpagl.embrapa.br>>. Acesso em: 04 set. 2003.

CASTRO, M.C.D., NEVES, B.S. Análise da evolução recente e perceptivas da indústria laticinista no Brasil. In: EMBRAPA. **O agronegócio do leite no Brasil.** Juiz de Fora, 2001. p. 63-72.

CHINELATTO, A. Vale a pena produzir leite em São Paulo? **Balde Branco,** São Paulo, ano 39, n. 472, p. 24-28, fev. 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA - CNA. **Indicadores da pecuária.** Disponível em: <<http://www.cna.org.br/cna/index>>. Acesso em: 16 out. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite. **Leite em números.** Disponível em: <<http://www.cnpagl.embrapa.br/ibge>>. Acesso em: 23 ago. 2004.

FORD, A. **Modeling the environment: an introduction to system dynamics modeling of environmental systems.** Washington: Island Press, 1999. 401 p.

FORRESTER, J.W. **System dynamics, systems thinking, and soft OR.** Disponível em: <<http://sysdyn.mit.edu/road-maps/rm-toc.html>>. Acesso em: 20 mar. 2003.

FORRESTER, J.W. **Industrial dynamics.** Porthand: Productivity Press, 1961. 464 p.

GOMES, S.T. Evolução recente e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: EMBRAPA. **O agronegócio do leite no Brasil.** Juiz de Fora, 2001. p. 49-61.

GOMES, S.T. Transformação na produção de leite. In: \_\_\_\_\_. **Economia da produção de leite.** Belo Horizonte: Itambé, 2000. p. 104-109.

GOMES, S.T. **Afinal, qual é o custo do leite.** Disponível em: <<http://www.ufv.br/der/docentes/professores/artigos.html>>. Acesso em: 30 jul. 2004.

GOTTSCHALL, C.S., FLORES, A.W., RIES, L.R., ANTUNES, L.M. **Gestão e manejo para a bovinocultura leiteira.** Porto Alegre: Agropecuária Ltda., 2002. 182 p.

HARDAKER, J.B., HUIRNE, R.B.M., ANDERSON, J.R. **Coping with risk in agriculture.** Washington: CAB INTERNATIONAL, 1997. 274 p.

HARSH, S.B., CONNOR, L.J., SCHWAB, G.D. **Managing the farm business.** New Jersey: Prentice-Hall, 1981. 384 p.

KAY, R.D. **Farm management - planning, operation, and implementation.** New York: McGraw-Hill, 1986. 401 p.

JOHNSON, B.B., PAEZ, M.L.D.A. Métodos quantitativos e planejamento na Embrapa. In: SILVA, E.C. **Métodos quantitativos e planejamento na Embrapa com enfoque na informação e na tecnologia da informação.** Brasília: DPD-EMBRAPA-SPI, 1995. p. 7-18.

LANA, C.M. **Sistema de apoio à decisão no planejamento da produção de leite na região de Viçosa, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

LAUDON, K.C., LAUDON, J.,P. **Gerenciamento de sistemas de informação.** 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001. 433 p.

LOURENZANI, W.L. **Sustentabilidade de empreendimentos agroindustriais de pequeno porte: uma aplicação da metodologia de dinâmica de sistemas.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

MARCATTI NETO, A., RUAS, J.R.M., AMARAL, R., BORGES, L.E. Organização e gestão da pecuária bovina da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 221, p. 18-24, 2004.

MONACO, G.M. O que muda nos sistemas de produção leiteira do Brasil. In: ANUALPEC 2004. **Anuário da pecuária brasileira - 2004.** São Paulo: FNP, 2004. p. 191-192.

MORECROFT, J.D.W. Executive knowledge and learning. In: MORECROFT, J.D.W., STERMAN, J.D.W. **Modeling for learning organizations.** Portland: Productivity Press, 1994. 400 p.

NARDELLI, A.M.B. **Sistemas de certificação e visão de sustentabilidade no setor florestal brasileiro.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica.** São Paulo: Atlas, 1987. 268 p.

NOGUEIRA, M.A., VALE, S.L.R., ANDRADE, S.P. Análise econômica da produção de leite de pequenos produtores da região de Viçosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 41, 2003, Juiz de Fora. **CD-ROM...** Juiz de Fora: CESJF, 2003.

PIDD, M. **Tools for thinking: modeling in management science.** Rextdale: Wiley, 1996. 350 p.

QUEIROZ, M.P. Gerenciamento vem antes de tecnologia. **Balde Branco**, São Paulo, ano 37, n. 438, p. 98, abr. 2001.

RESENDE FILHO, M.A. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao processo de tomada de decisão em confinamento de bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

RODRIGUES, L.H.A. Planejamento auxiliado por computador para propriedades de gado leiteiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru. **CD-ROM...** Bauru, 1996

SALAZAR, G.T. **Administração geral.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 156 p.

SENGE, P.M. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende.** São Paulo: Best Seller, 1990. 441 p.

SETTE, R.S. Administração rural & agronegócio no 3.º milênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 3, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAR, 1999. p. 51-57.

SILVA, A.G. **Gerenciamento rural e gestão da qualidade total em empresas rurais produtoras de leite.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

SIMON, H.A. **The new science of management decision.** New Jersey: Prentice-Hall, 1977. 175 p.

STERMAN, J.D. **Business dynamics-systems thinking and modeling for a complex world.** Boston: Irwin McGraw-Hill, 2000. 982 p.

TAVARES, M.C. **Planejamento estratégico: a opção entre o fracasso e o sucesso empresarial.** São Paulo: Harbra, 1991. 199 p.

TONUS, M. Custos de produção de leite buscam padronização. **Balde Branco,** São Paulo, ano 36, n. 424, p. 36-41, fev. 2000.

TURBAN, E., ARONSON, J.E. **Decision support systems and intelligent systems.** New Jersey: Prentice-Hall, 1998. 890 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE STATISTICS – USDA. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psd/psdselection.asp>>. Acesso em: 16 out. 2004.

VALE, S.M.L.R. **Avaliação de sistemas de informação para produtores rurais: metodologia e um estudo de caso.** 139 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

VALE, S.M.L.R. **Noções gerais de administração rural.** Brasília: ABEAS, 1997. 35 p. (Apostila do curso de Administração Rural por Tutoria à Distância - Módulo 1).

VILELA, E. **Assistência técnica como ferramenta para desenvolvimento do setor leiteiro.** Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/mn/publicacoes>>. Acesso em: 17 out. 2004.

WIAZOWSKI, B.A. **Dinâmica de sistemas: uma aplicação à análise da coordenação vertical no agronegócio da carne bovina.** Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

YAMAGUCHI, L.C.T., CARNEIRO, A.V. Aplicação de planilha eletrônica na análise técnica e econômica de unidades de produção de leite. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA À AGROPECUÁRIA E À AGROINDÚSTRIA, 1, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 1997. p. 95-99.

YAMAGUCHI, L.C.T., CARNEIRO, A.V., MARTINS, P.C., MACHADO, A.D.C. **Custo de produção de leite: abrindo a caixa preta.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 72 p.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Tabela 1A - Tabela progressiva anual para cálculo do imposto de renda referente a 2004

Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Parcela a deduzir (R\$)
Até 12.696,00	-	-
De 12.696,01 a 25.380,00	15,00	1.904,40
Acima de 25.380,00	27,50	5.076,90

Fonte: Receita Federal de Araxá.

Tabela 2A - Tabela para cálculo de retenção do ICMS, segundo o programa estadual do movimento do produtor de leite, referente ao ano de 2004

Somatório da margem bruta do ano anterior (R\$)	Alíquota (%)
Inferior a 69.198,06	5% de 12% sobre a receita
De 69.198,07 a 131.478,96	10% de 12% sobre a receita
De 131.478,96 a 276.792,22	20% de 12% sobre a receita
Superior a 276.792,22	0% de 12% sobre a receita

Fonte: Cooperativa Agropecuária de Araxá.

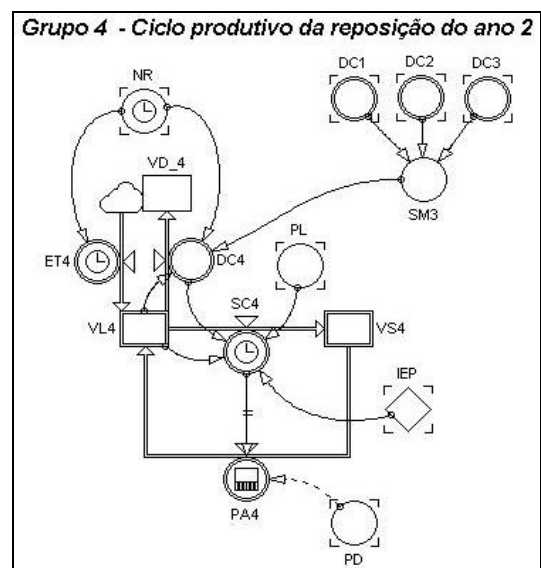
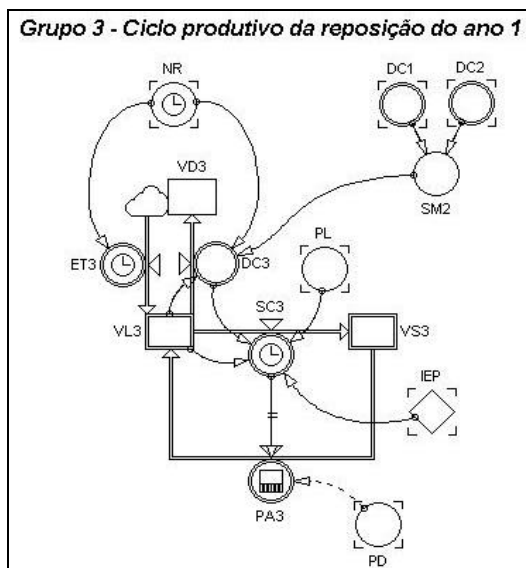
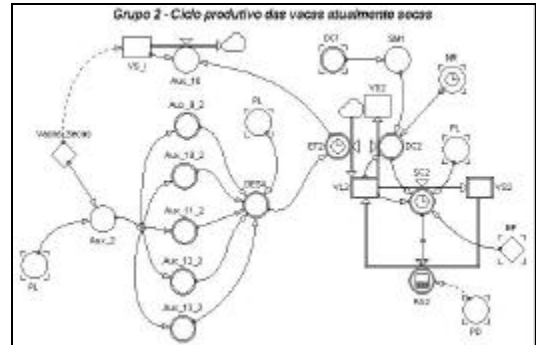
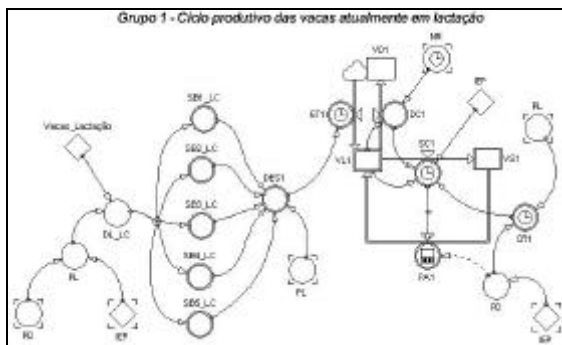
Tabela 3A - Tabela relativa ao cálculo do acréscimo mensal no salário, devido a obrigações trabalhistas

Obrigação	Alíquota (%)
Férias + 1/3 do salário	11,11
13.º salário	8,33
Multa FGTS	4,00
Encargos sociais	18,70
Confederativo	1,50
Aviso prévio	8,33

Fonte: Cooperativa Agropecuária de Araxá.

## APÊNDICE B

### ESTRUTURA DO MODELO FÍSICO RELACIONADO COM PECUÁRIA LEITEIRA PRATICADA NA FAZENDA GIRASSOL



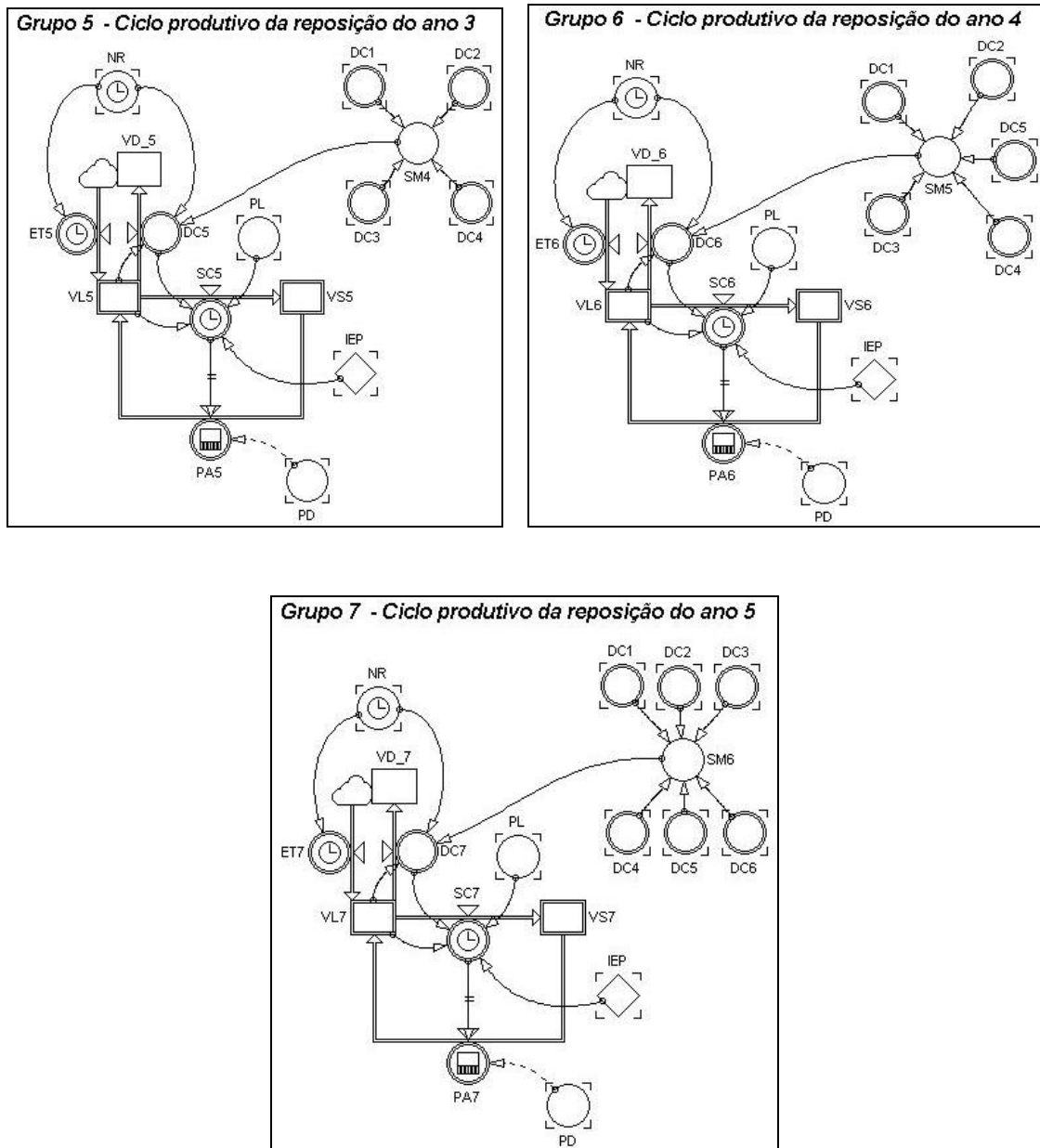


Figura 1B - Ciclo produtivo das diferentes categorias de animais presentes no rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite.

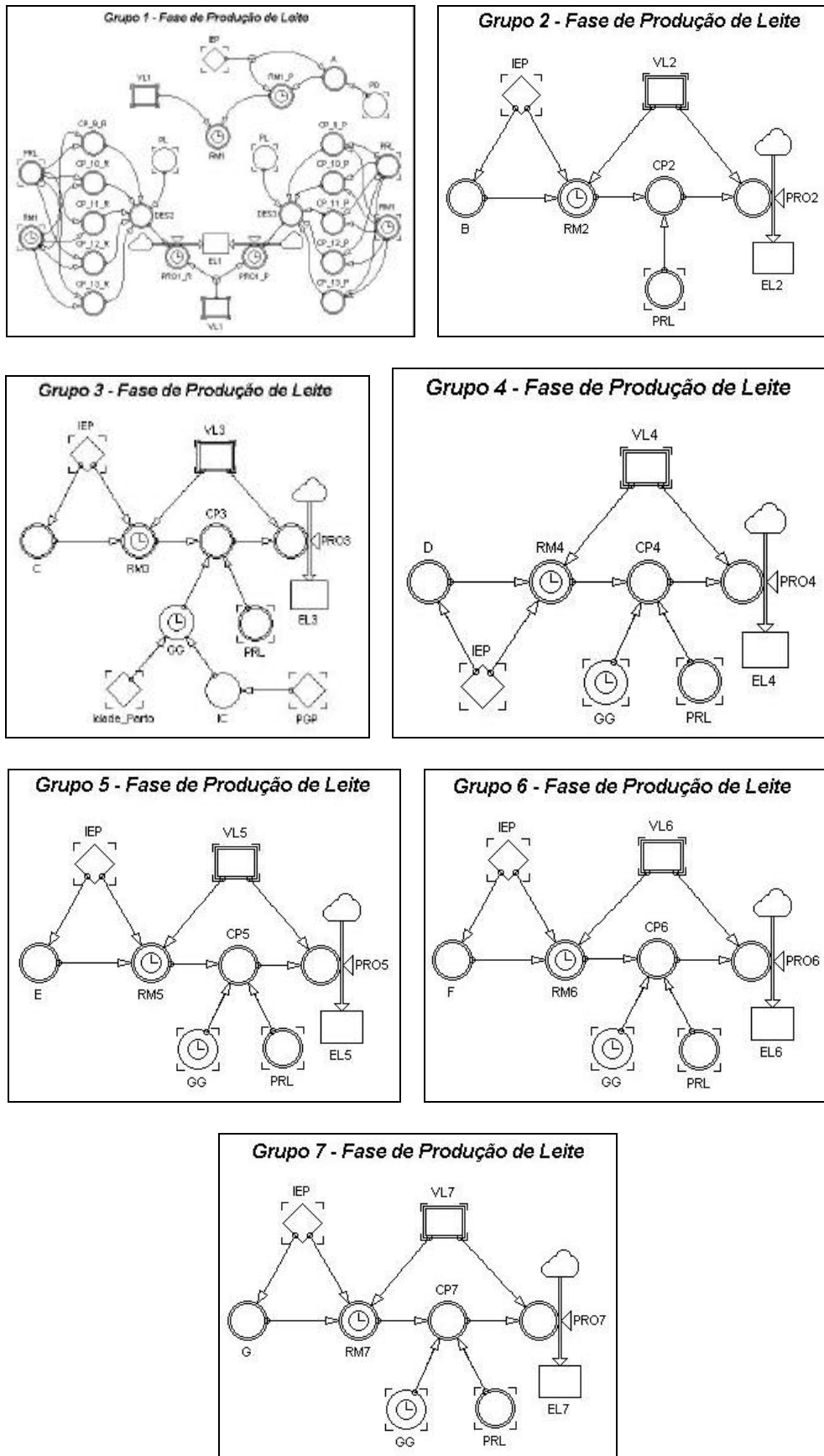


Figura 2B - Fase de produção de leite nas diferentes categorias de animais presentes no rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite.



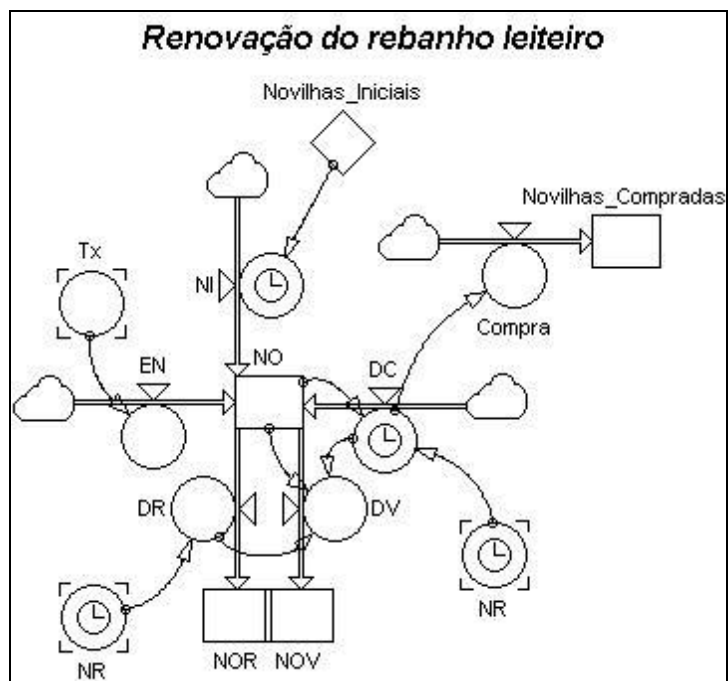


Figura 4B - Estrutura de renovação do rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite.

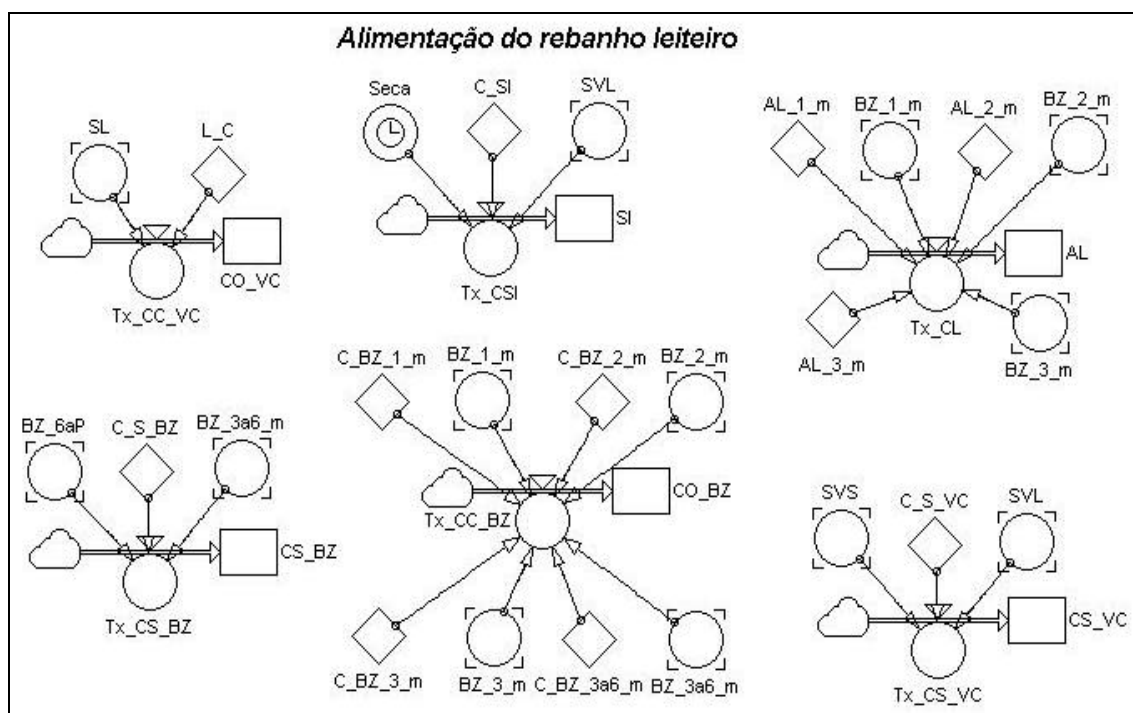
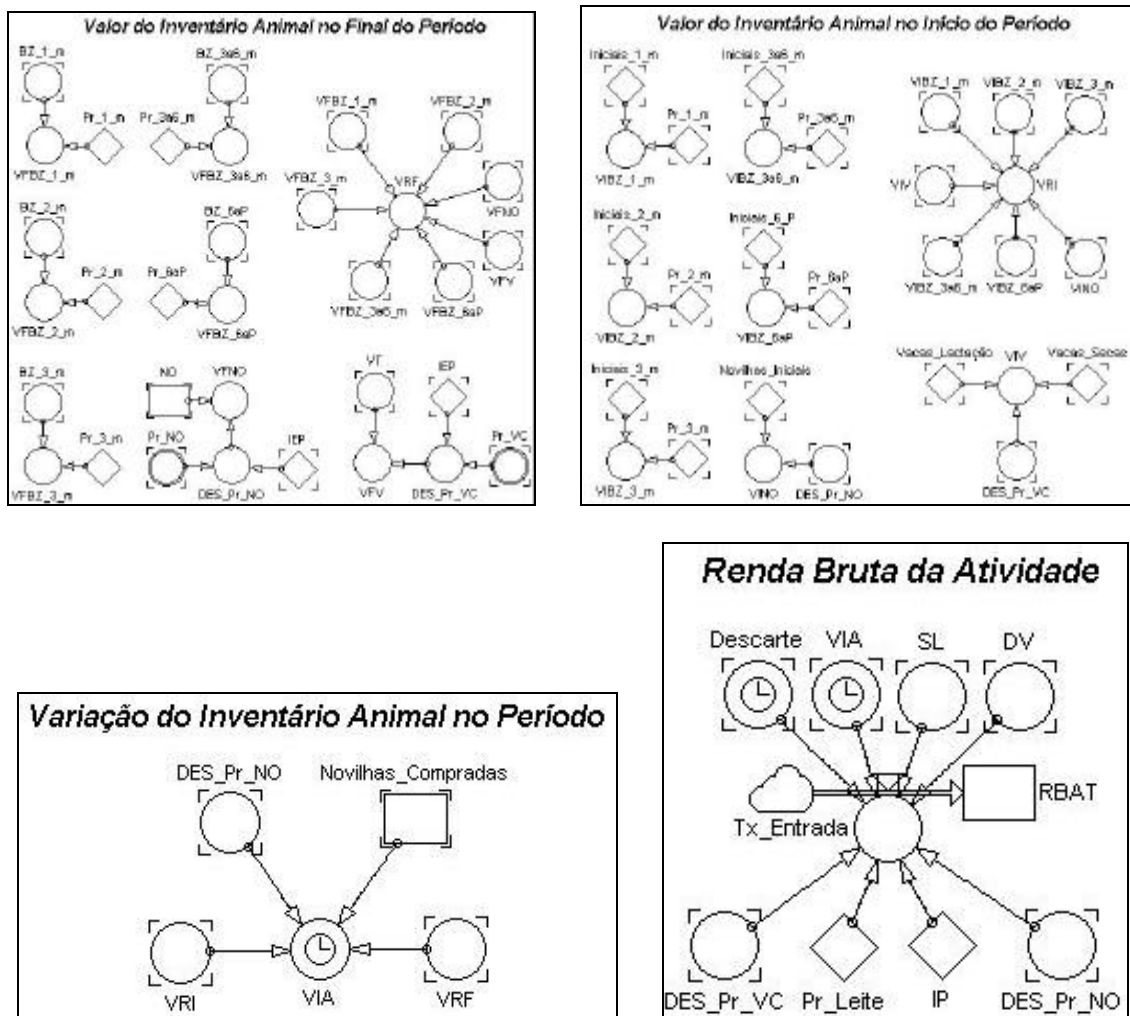


Figura 5B - Estrutura de alimentação do rebanho leiteiro da referida unidade de produção de leite.

## APÊNDICE C

### ESTRUTURA DO MODELO FINANCEIRO RELACIONADO COM PECUÁRIA LEITEIRA PRATICADA NA FAZENDA GIRASSOL





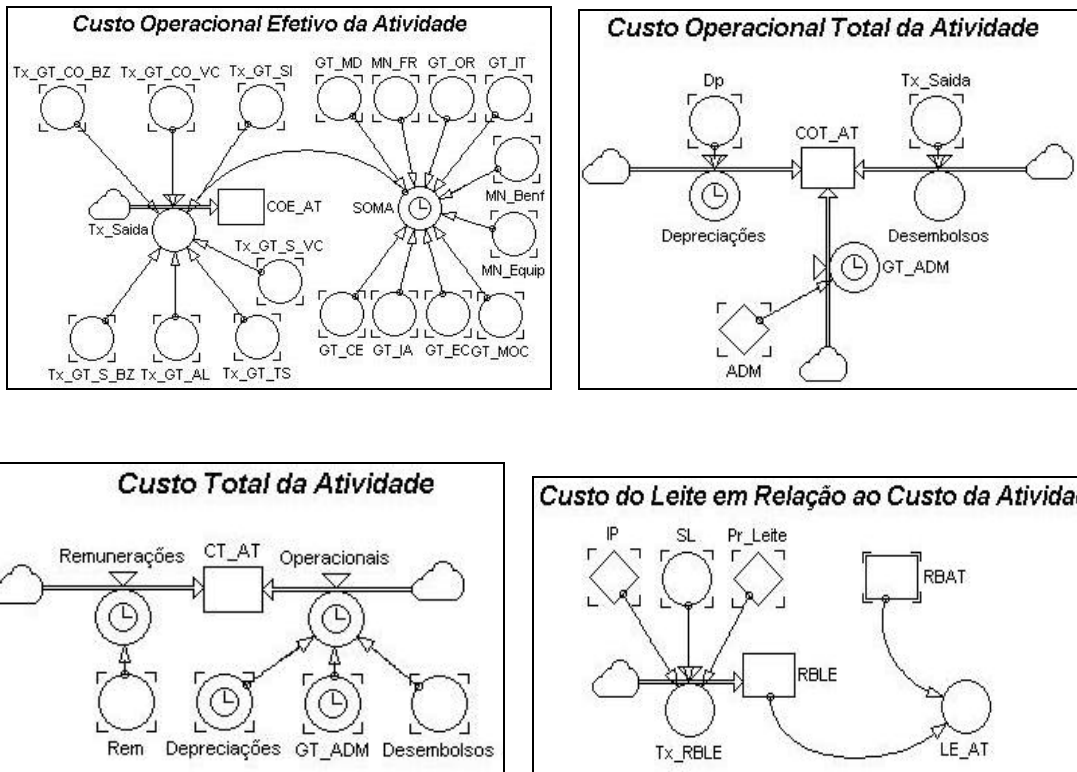


Figura 1C - Estrutura do modelo financeiro relacionado com pecuária leiteira realizada na Fazenda Girassol.

## APENDICE D

### EQUAÇÕES DOS MODELOS DE DINÂMICA DE SISTEMAS

Vacas\_Lactação = 103  
VL1(i = 1..13) = 0  
IEP = 14  
VS1(1..13) = 0  
EL1 = 0  
PIL = 10  
PPL = 27  
PFL = 8  
Vacas\_Secas = 25  
VL2(1..13) = 0  
VS2(1..13) = 0  
VD\_1 = 0  
VD\_2 = 0  
BZ1\_3\_m(1..6) = 0  
EL2 = 0  
BZ1\_1\_m(1..6) = 0  
VL3(1..12) = 0  
VS3(1..12) = 0  
VD\_3 = 0  
EL3 = 0  
EL4 = 0  
VL4(1..12) = 0  
VD\_4 = 0  
VS4(1..12) = 0  
VL5(1..12) = 0  
VD\_5 = 0  
VS5(1..12) = 0  
VL6(1..12) = 0  
VS6(1..12) = 0  
VD\_6 = 0  
VL7(1..12) = 0  
VS7(1..12) = 0  
VD\_7 = 0  
BZO7 = 0  
BZO6 = 0  
BZO5 = 0  
BZO4 = 0  
BZO3 = 0  
BZO2 = 0  
BZO1 = 0