THAYLA SARA SOARES STIVARI REIJERS

Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte

Pirassununga
2016

THAYLA SARA SOARES STIVARI REIJERS

Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro

De acordo:
Orientador

Pirassununga
2016

Obs: A versão original se encontra disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.3378
FMVZ

Reijers, Thayla Sara Soares Stivari

Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte / Thayla Sara Soares Stivari Reijers. -- 2016. 196 p. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2016.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro.

1. Gestão agropecuária. 2. Ovinocultura de corte. 3. Pesquisa operacional. 4. Simulação baseada em agentes. 5. Simulação de eventos discretos. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Desenvolvimento de modelo computacional de simulação de eventos discretos para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte", protocolado sob o nº 3027/2013, não utilizando animais, sob a responsabilidade do(a) Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro, foi aprovado em reunião de 26/6/2013 e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

We certify that the Research "Development of computational model of a discrete event simulation for evaluation and planning of animal production: an application in the sheep meat industry", protocol number 3027/2013, not using animals, under the responsibility Prof. Dr. Augusto Hauber Gameiro, was approved in the meeting of day 6/26/2013 and agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo.

São Paulo, 27 de junho de 2013.

Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, nº87
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
São Paulo/SP – Brasil
05508-270

Fone: + 55 11 3091-7671/7676/0904
Fax: +55 11 3032-2224
E-mail: fmvz@usp.br
<http://www.fmvz.usp.br>

São Paulo, 14 de abril de 2016

CEUAx N 1309110515

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Augusto Hauber Gameiro

Área: Nutrição E Produção Animal

Augusto Hauber Gameiro (orientador)

Título do projeto: "Desenvolvimento de modelo computacional híbrido - baseado em agentes e em simulação de eventos discretos - para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte".

Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ/USP

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, no cumprimento das suas atribuições, **ANALISOU** e **APROVOU** a Alteração do cadastro (versão de 02/março/2016) do protocolo de estudo acima referenciado.

Resumo apresentado pelo pesquisador: "Solicitamos ao Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade de São Paulo a troca do título do projeto de pesquisa vigente de: "Desenvolvimento de modelo computacional de simulação de eventos discretos para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte", para: "Desenvolvimento de modelo computacional híbrido - baseado em agentes e em simulação de eventos discretos - para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte". A alteração foi sugerida pela Banca Examinatória no momento da Qualificação de doutorado da aluna de pós-graduação Thayla Sara Soares Stivari Reijers, n.USP 8180243. Segundo a banca a utilização da terminologia "modelos híbridos" estaria mais condizente com o trabalho que tem sido realizado, visto que a modelagem tem se desenvolvido utilizando a técnica da modelagem baseada em agentes em conjunto com a simulação de eventos discretos. O projeto mantém suas características originais, alterando apenas o modo de modelagem computacional. Fazendo com que a alteração seja pertinente e justificada. Os envolvidos no desenvolvimento do projeto, orientador e orientado, acreditam que com a alteração do título é possível demonstrar, de forma mais clara e objetiva, a abrangência da interdisciplinaridade que o projeto almeja, além de possibilitar a inserção em diferentes bancos de dados/pesquisa".

Comentários da CEUA: "Aprovada a mudança de título no projeto de pesquisa e tese".

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: REIJERS, Thayla Sara Soares Stivari

Título: Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu grande amor Kelvin Reijers, que em tudo me apoia e me dá forças para seguir em frente. Nunca serei merecedora de tanto carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Acredito que na vida nada é por acaso, que os planos de Deus são perfeitos e que tudo que acontece no caminho tem o simples propósito de nos fazer evoluir. O que fazemos e com quem nos relacionamos durante a vida são oportunidades únicas para que possamos aprender e crescer, não só como indivíduos, mas em prol do bem comum, crescer em sociedade.

Agradeço a Universidade de São Paulo, em conjunto com a Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia e ao Departamento de Nutrição e Produção Animal, pela oportunidade a mim concedida de realizar esse doutorado. Obrigada pelo tão sonhado e almejado “número USP”.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pelo apoio financeiro na concessão das bolsas de estudo.

Agradeço ao Laboratório de Pesquisa e Produção de Ovinos e Caprinos – LAPOC, da Universidade Federal do Paraná, na pessoa da Professora Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro, pelo apoio incondicional e imprescindível na concessão dos dados e compartilhamento dos conhecimentos. Obrigada por todo aprendizado durante esses seis anos de parceria. Grande parte do que sei e da paixão que possuo pela ovinocultura são frutos dos ensinamentos e convivência adquiridos com a professora Alda. Muito obrigada!

Com esse doutoramento tive a oportunidade de conhecer e rever pessoas incríveis. Quero aproveitar este espaço e agradecer ao Programa de Nutrição e Produção Animal e seu excelente corpo docente e funcionários, pelo apoio e suporte no desenvolvimento dessa tese. Os senhores de modo direto ou indireto me auxiliaram durante todo o processo. Credito parte do que sou hoje aos

conhecimentos adquiridos e experiências divididas com os senhores durante essa fase da minha vida. Muito obrigada!

Ao professor Rui Carlos Botter, do Departamento de Engenharia Naval, da Escola Politécnica da USP, pelo apoio, incentivo e por me aceitar como aluna em sua disciplina. Foi um divisor de águas no meu doutorado, me fez abrir a mente para novas possibilidades de estudo e caminhos que poderia tomar profissionalmente dentro da Medicina Veterinária. Muito obrigada!

Às professoras Denise Aparecida Botter e Mônica Carneiro Sandoval, do Departamento de Matemática e Estatística, do Instituto de Matemática e Estatística da USP, gostaria de agradecer imensamente pelo carinho com que sempre me receberam, pelo empenho em me ajudar com as análises estatísticas, muitas vezes até convidando mais pessoas para discutir a respeito dos dados. É muito bom ter essa reafirmação de que o que estamos fazendo é interessante e que desperta a curiosidade de outros pesquisadores. Muito obrigada!

Ao pessoal da Genoa DS gostaria de agradecer pelo suporte técnico, compartilhamento dos conhecimentos e treinamento no software. Sem o auxílio e paciência de vocês eu jamais teria conseguido. Quero agradecer em especial ao Marcos Nogueira, que pacientemente sempre me recebeu e dedicou horas, dias, de serviço para me auxiliar. Jamais terei como agradecer o suficiente, meu amigo. Que Deus, na sua infinita bondade, o abençoe muito. Muito obrigada!

Aos colegas de pós-graduação o meu muitíssimo obrigado! Ter vocês por perto tornou toda essa experiência mais agradável. Fiz muitos colegas, muitos amigos, alguns para uma vida toda. Me permito citar algumas pessoas que me tocaram de forma especial: Adrielle, Aline Dibern, Bruno Utemberg, Camila Silano, Diogo Gambaro, Iaçanã, Laís Pêsoa, Maria Fernanda, Maurício (Xibungu), Victor

Augusto e Tainá. Espero que nossa amizade perdure e não se distancie com o tempo. Muito obrigada!

Aos amigos do Laboratório de Análises Socioeconômicas & Ciência Animal Alejandro, Camila Raineri, Esther, Felipe Syuffi, Fernanda, Fred, Gustavo, Juliana, Karen, Lucas, Luciano e Rodrigo, a companhia de vocês foi fundamental. Formamos um grupo que mesmo trabalhando cada um na sua área, no seu projeto, sempre estivemos dispostos e presentes quando alguém precisava de ajuda para o que fosse. Foram inúmeros Diálogos do LAE, Dias de Campo, Simpósios, enfim, a nossa união, companheirismo e cumplicidade em todas as “peripécias” que nos propusemos foi singular. Que os amigos e parcerias aqui formados não se desfaçam jamais. Aprendi com vocês a ser mais paciente, a ouvir mais, a delegar, a obedecer, a ser sincera e também dura quando preciso, mas acima de tudo aprendi a amar a diferença e a respeitá-la. A todos vocês o meu eterno obrigado e as minhas sinceras desculpas pelos erros cometidos no caminho. Muito obrigada!

As minhas amigas de uma vida Camila, Pamela e Yonara, como agradecer? Com vocês dividi o melhor e o pior de mim. Juntas sonhamos e conquistamos o tal “número USP”. Juntas comemoramos as bolsas de estudo, choramos a falta dela também. Juntas aprendemos mais, desde neoplasias caninas, genoma bovino e como “enfileirar ovelhas”. Juntas vivemos cada uma em uma casa. Juntas choramos pelas pedras e espinhos, que muitas vezes quase nos fizeram desistir. Juntas celebramos as pequenas e as grandes conquistas. Que Deus as abençoe muito, que o futuro lhes reserve o melhor, pois vocês são luz e sal nessa terra. Muito obrigada!

Aos meus pais, Aderval e Sonia, por me deixarem essa herança maravilhosa: a educação! Vocês foram apoiadores irrefutáveis durante todo o processo. Me auxiliaram quando eu não tive condição financeira, me sustentaram quando eu não

tive condição emocional, e me apoiaram em todas as decisões que tomei. Vocês são a minha base e meus maiores exemplos. Muito obrigada! Amo vocês!

Aos meus tios Preto e Chiquinha que me receberam de coração aberto sempre que precisei ir para São Paulo. Muito obrigada!

A minha sogra Gabriela, a Tante-Koba Jacqueline Flipsen e toda essa família “landesa” linda que escolhi a dedo, obrigada por todo apoio e suporte. Sem vocês o caminho teria sido muito mais difícil! Muito obrigada!

Ao meu amigo, companheiro e cúmplice, meu esposo Kelvin, sempre irá faltar palavras para lhe agradecer. Foram muitos dias de ausência, muitos dias de angústia, muitos dias onde tudo parecia não fazer sentido. Mas maiores foram as conquistas e as alegrias durante esses quatro anos e meio. Passamos por momentos de muita dor, onde tudo simplesmente perdeu seu rumo e sentido, mas juntos nos reerguemos, fortalecemos e escolhemos por continuar sonhando e lutando. Nossa filha nasceu no meio desse turbilhão que é um processo de doutoramento, mas ela é luz nas nossas vidas. É renovo para os meus dias. Obrigada pela pessoa que você é e por me amar tanto! Te amo!

Por último, e intencionalmente, preciso dizer algumas palavras ao meu orientador Professor Augusto Hauber Gameiro. Professor primeiro de tudo muito obrigada pela confiança em mim depositada. Sei que não fui a orientada que o senhor esperava. Fui teimosa, tive momentos de muita dúvida e até uma certa desilusão. Mas muito obrigada por estar sempre disponível para conversar, me ouvir e acima de tudo me dar a liberdade de me expressar e certa liberdade para tomar decisões. Obrigada por me tratar sempre com respeito e igualdade.

Esses cinco anos de convivência me transformaram. Passei a ver o ensino com outros olhos, com os olhos de um educador apaixonado. Apaixonado pela

evolução do ser humano, pelo seu desenvolvimento pleno e consciente de tudo ao seu redor. Passei a compreender melhor que ser justo e ético não é um diferencial, e sim a base de tudo. Passei a ver a Medicina Veterinária e as Ciências Agrárias como ferramentas importantes na mudança de paradigmas na nossa sociedade. Cabendo a nós, educadores e futuros educadores, mostrar essa linda simbiose que é a relação entre os animais, o ambiente e a sociedade.

Professor há pessoas que marcam a nossa vida, que despertam algo especial em nós, que abrem nossos olhos de modo irreversível e transformam a nossa maneira de ver o mundo. Hoje lhe tenho como um grande amigo. Um amigo querido que tanto quero bem e tanto admiro. Que Deus lhe abençoe muito, que o senhor tenha muita saúde para continuar lutando pelos seus ideais e sonhos. Que possamos no futuro dividir mais “mates”, mais alegrias, mais “diálogos”, mais “boletins”, mais “siskas”, mais e-mails quilométricos, mais vitórias e porque não mais desafios! Que a vida lhe seja agradavelmente desafiadora e repleta de muita gente de bom coração. Foi um privilégio ser sua orientada e ter encerrado esse capítulo da minha vida sob sua orientação! Muito obrigada!

EPÍGRAFE

“Essentially, all models are wrong, but some are useful”

George Edward Pelham Box

RESUMO

REIJERS, T. S. S. S. **Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal**: uma aplicação na ovinocultura de corte. [Development of hybrid computational model – agent based and discrete event simulation – for evaluation and planning of animal production: an application in the sheep meat industry]. 2016. 196 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

Realizar a análise econômica de uma produção agropecuária não é algo trivial, seja pela enorme heterogeneidade entre cada unidade produtiva, seja porque utiliza muitos recursos naturais, alguns de difícil mensuração. Há diversos métodos disponíveis para o cálculo do custo de produção, que é o indicador chave para a análise da viabilidade de um empreendimento. O desafio é permitir que a projeção da atividade no horizonte produtivo seja a mais real e dinâmica possível. A simulação computacional é atualmente uma das mais poderosas ferramentas de análise disponível para o planejamento, projeto e controle de sistemas complexos, e vem sendo cada vez mais utilizada e difundida. Simular compreende a elaboração de um método de experimentação que, através da construção de modelos de um sistema real, procura descrever comportamentos, construir teorias ou hipóteses por meio do observado e prever comportamentos futuros. O uso de modelos de simulação, que incorporem o risco e a probabilidade dentro produção animal, pode ser uma alternativa tanto técnica – auxiliando na tomada de decisão, gestão e planejamento pecuário, quanto científica – permitindo a avaliação de efeitos de resultados da pesquisa e identificação de limitantes que podem incentivar o desenvolvimento de pesquisas futuras. O modelo de simulação híbrido – baseado em simulação de eventos discretos e baseado em agentes, aqui proposto – visou identificar coeficientes zootécnicos e os critérios de manejo que mais impactam a produção de ovinos de corte. Esse modelo de simulação computacional híbrido possui caráter dinâmico e probabilístico, com eventos marcados no tempo (estação de monta, gestação, parição, desmame, engorda, abate, entre outras) e complexos o suficiente para que seus agentes sofram alterações tanto no tempo quanto em resposta a ocorrência ou não das variáveis ligadas a eles. Os resultados dos experimentos e dos cenários estudados revelaram que dentre os índices zootécnicos das matrizes, a ocorrência de aborto gera maior impacto na taxa de abate e financeiramente na margem líquida operacional. Contudo, analisando as

variáveis tanto para matrizes como para cordeiros, a mortalidade neonatal, até os cinco dias de vida dos cordeiros, demonstrou ser o ponto fundamental para a lucratividade da atividade. A estabilização do rebanho foi mais afetada pela presença de matrizes adultas no plantel, que culminaram no aumento no número de cordeiros por matriz. Os resultados da análise dos fluxos de caixa de 30 anos, a uma taxa mínima de atratividade de 6,17% aa, permitiram constatar que iniciar a atividade com número muito reduzido de matrizes é o cenário menos interessantes, com taxa interna de retorno negativa para o período de análise. O estudo do fluxo de caixa permitiu atribuir a 200 matrizes como o tamanho de rebanho inicial mais interessante (TIR = 3,30% aa). Assim, o uso de simuladores híbridos baseados em simulação de eventos discretos e baseados em agentes, para estudos na pecuária nacional, apresentou-se como ferramenta com grande potencial de contribuição, no sentido de permitir conhecer os resultados possíveis das diferentes combinações tecnológicas disponíveis. O modelo ainda permite ser utilizado como ferramenta de estudo e análise para a cadeia produtiva, contribuindo na orientação aos cientistas, auxiliando no direcionamento de seus esforços no desenvolvimento de futuras pesquisas.

Palavras-chave: Gestão agropecuária. Ovinocultura de corte. Pesquisa operacional. Simulação baseada em agentes. Simulação de eventos discretos.

ABSTRACT

REIJERS, T. S. S. S. **Development of hybrid computational model – agent based and discrete event simulation – for evaluation and planning of animal production:** an application in the sheep meat industry. [Desenvolvimento de modelo computacional híbrido – baseado em agentes e em simulação de eventos discretos – para avaliação e planejamento da produção animal: uma aplicação na ovinocultura de corte]. 2016. 196 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

Conduct an economic analysis of agricultural production is not trivial, either by its enormous heterogeneity between each production unit, or because it uses many natural resources, some of which are difficult to measure. There are several methods available for calculating the cost of production, which is the key indicator for assessing the feasibility of a project. The challenge is to allow the projection of activity in the productive horizon in the most real and dynamic form as possible. The computer simulation is currently one of the most powerful analysis tools available for planning, design and control of complex systems and is being increasingly used and disseminated. Simulate includes the development of a method of testing by building models of a real system, that seeks to describe behaviors, build theories or hypotheses through noted and predicted future behaviors. The use of simulation models that incorporate uncertainty and probability in animal production can be both an alternative technique – assisting in decision-making, management and livestock planning; as scientific – allowing the evaluation of the research results of effects and identification of limiting that may encourage the development of future research. The model of hybrid simulation – based on discrete event simulation and on agent-based, proposed here – aimed to identify factors husbandry and management criteria that most affect the production of meat sheep. The model of hybrid computer simulation have dynamic and probabilistic characteristics, with events scheduled in time (breeding season, pregnancy, parturition, weaning, fattening, slaughter, etc.) and enough complexity that its agents be adversely affected both in time and in response to the occurrence or not of variables linked to them. The results of the experiments and the scenarios studied showed that among the zootechnical indexes of the sheep, the occurrence of abortion generates a greater impact on the slaughter rate and financially in the net operating margin. However, analyzing the variables for both sheep and lambs, neonatal mortality, up to the lambs' five days of life, proved to be the fundamental point for the profitability of the activity. The stabilization of the herd

was more affected by the presence of adult sheep in the herd, which culminated increasing the number of lambs per sheep. The results of the analysis of the 30-year cash flows, at a minimum attractiveness rate of 6.17% per year, showed that starting the activity with a very small number of sheep was the least interesting scenario, with a negative internal rate of return for the analysis period. The study of the cash flow allowed to assign to 200 sheep as the most interesting initial herd size (IRR = 3.30% per year). Thus, the use of hybrid simulators, based on discrete event simulation and agent-based for studies in national livestock, is presented as a tool with great potential to contribute, to allow knowing the possible outcomes of different combinations of available technology. The model also allows to be used as a study tool and assessment of different technological combinations for the production chain, contributing to the guidance of scientists, assisting their efforts in the development of future research.

Keywords: Agent based simulation. Agricultural management. Discrete event simulation. Meat sheep industry. Operational research.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Efetivo em cabeças dos cinco maiores rebanhos ovinos no mundo	36
Gráfico 2 – Evolução mundial na produção de carne ovina e de lã frente ao efetivo ovino, de 1983 a 2013	37
Gráfico 3 – Evolução do rebanho ovino brasileiro entre os anos de 1983 a 2013	37
Gráfico 4 – Dinâmica de abate, importação, exportação e efetivo ovino brasileiro nos últimos 30 anos	40
Gráfico 5 – Porcentagem de número de cordeiros (um, dois ou três) por parto de acordo com a ordem de partos.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Modelo de um sistema agroindustrial da ovinocultura de corte brasileira	44
Figura 2 –	Tipos de modelos associados aos possíveis sistemas existentes.....	51
Figura 3 –	Fases de um projeto de simulação	57
Figura 4 –	Exemplificação da aplicabilidade de modelos de simulação de acordo com o grau de abstração adotado	70
Figura 5 –	Paradigmas de simulação de acordo com o nível de abstração.....	71
Figura 6 –	Modelo conceitual do sistema híbrido de produção de ovinos de corte desenvolvido utilizando a metodologia da simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos	95
Figura 7 –	Histograma e estatística descritiva do peso das matrizes para o período da manutenção (KGMAT) (A) e sua respectiva distribuição de probabilidade (B)	103
Figura 8 –	Histograma e estatística descritiva do peso ao nascimento (KGNASC) das cordeiras e sua respectiva distribuição de probabilidade	111
Figura 9 –	Histograma e estatística descritiva do peso ao nascimento (KGNASC) dos cordeiros e sua respectiva distribuição de probabilidade	112
Figura 10 –	Esquema utilizado na elaboração dos fluxos de caixa líquido	133
Figura 11 –	Exemplo de histograma da evolução de rebanho	133
Figura 12 –	Linha de processos do modelo	134
Figura 13 –	<i>Action charts</i> do processo de monta do modelo	135
Figura 14 –	<i>State charts</i> dos carneiros (A) e das ovelhas (B) para o processo de monta do modelo	135
Figura 15 –	<i>State chart</i> do período gestacional da ovelha no modelo	136
Figura 16 –	<i>Action chart</i> do momento do parto das ovelhas	137

Figura 17 – <i>State charts</i> da vida do cordeiro do nascimento à terminação no modelo	138
Figura 18 – <i>Action chart</i> para contabilização dos cordeiros disponíveis para serem abatidos no modelo	139
Figura 19 – Histograma da idade média inicial do rebanho após período de <i>warm up</i>	144
Figura 20 – Histograma das margens líquida, margem líquida operacional e margem bruta do sistema de produção de ovinos de corte proposto no modelo de simulação.....	146
Figura 21 – Histograma das margens líquida (A) e margem líquida operacional (B) do sistema de produção de ovinos de corte proposto no modelo de simulação.....	147
Figura 22 – Histograma do número de cordeiros abatidos para um ano produtivo simulado	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Consumo aparente de carne ovina e caprina no mundo no ano de 2011.....	39
Quadro 2 – Questionamentos levantados durante a fase de Concepção do modelo de simulação.....	89
Quadro 3 – Descrição dos cenários estudados	91
Quadro 4 – Descrição dos grupos de decisão de manejo oriundos das combinações de Famacha e Escore de Condição Corporal (ECC) ...	105
Quadro 5 – Número de observações (n) de acordo com o número de gestações ocorridas.....	109
Quadro 6 – <i>Inputs</i> das variáveis de rebanho do modelo de simulação híbrida – simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos – de um sistema de produção de ovinos de corte	126
Quadro 7 – <i>Inputs</i> dos custos de produção do modelo de simulação híbrida – simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos, de um sistema de produção de ovinos de corte	131
Quadro 8 – Amplitude de variação das análises de sensibilidade dos experimentos e cenários estudados no modelo de simulação.....	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de crescimento regional do efetivo ovino brasileiro entre os anos de 1995 e 2006 e entre 2006 e 2013.....	38
Tabela 2 – Valores da variável Peso de matrizes e reprodutores em manutenção utilizados no modelo	104
Tabela 3 – Valores médios de peso ao nascimento de cordeiros de acordo com o sexo e o número de cordeiros por nascimento	113
Tabela 4 – Valores observados para os cordeiros em fase de lactação até atingirem 18 kg de peso vivo	124
Tabela 5 – Compilação dos resultados dos experimentos realizados entre os anos de 2003 e 2009 pelo Laboratório de Pesquisa e Produção de Ovinos e Caprinos, da Universidade Federal do Paraná, para o sistema de terminação de cordeiros sem desmame e sem suplementação terminados em pastagem de azevém (<i>Lolium multuflorum</i>) e Tufton-85 (<i>Cynodon</i> sp.).....	125
Tabela 6 – Comparativo das variáveis ligadas ao agente <i>matriz</i> entre os modelos determinístico e de simulação	141
Tabela 7 – Comparativo das variáveis ligadas ao agente <i>cordeiro</i> entre os modelos determinístico e de simulação	142
Tabela 8 – Comparativo dos desvios das análises econômico-financeiras entre os modelos determinístico e de simulação.....	142
Tabela 9 – Demonstrativo do resultado do exercício de um ano produtivo do sistema de produção de ovinos de corte simulado.....	148
Tabela 10 – Análise dos cenários propostos em relação à taxa de abate para as variáveis ligadas à matriz	150
Tabela 11 – Análise dos cenários propostos em relação à taxa de abate para as variáveis ligadas ao cordeiro	151
Tabela 12 – Análise dos cenários propostos em relação a taxa de natalidade para as variáveis ligadas à matriz	152

Tabela 13 – Análise dos cenários propostos em relação à margem líquida operacional para as variáveis ligadas à matriz e aos cordeiros.....	153
Tabela 14 – Análise dos cenários propostos em relação a mortalidade de cordeiros para as variáveis ligadas aos cordeiros	154
Tabela 15 – Análises dos cenários propostos para alterações nos critérios de manejo das matrizes.....	154
Tabela 16 – Análises dos cenários propostos para alterações nos critérios de manejo das matrizes para o experimento de evolução do rebanho (E ₂ .C ₂).....	155
Tabela 17 – Resultado dos fluxos de caixas para os cenários de evolução de rebanho com planteis iniciais de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 matrizes	156

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	OBJETIVOS	33
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
3.1	SISTEMA AGROINDUSTRIAL DA OVINOCULTURA DE CORTE	35
3.2	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	47
3.2.1	Simulação de eventos discretos	55
3.2.2	Simulação baseada em gentes e modelos híbridos	67
3.3	INDICADORES ECONÔMICOS	81
4	DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	88
4.1	CONCEPÇÃO	88
4.1.1	Planejamento do projeto	89
4.1.2	Construção do modelo conceitual	93
4.1.3	Modelagem dos dados de entrada	101
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO	134
4.3	ANÁLISE	143
5	ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS E CENÁRIOS	146
6	CONSIDERAÇÕES	159
	REFERÊNCIAS	163

1 INTRODUÇÃO

Tem-se presenciado o crescimento em tamanho e complexidade das organizações, fazendo com que o processo de tomada de decisão gerencial, que outrora era realizado pela intuição e as experiências prévias, seja guiado agora por análises mais elaboradas para a solução do problema. Para Hillier e Liberman (2006) esse fato é resultante do expressivo aumento na divisão do trabalho e na segmentação das responsabilidades gerenciais, tendo como consequência a perda da visão do todo, tornando-se um desafio ainda maior de alocar os recursos disponíveis de modo eficiente.

Realizar a análise econômica de uma produção agropecuária não é algo trivial, seja pela enorme heterogeneidade entre cada unidade produtiva, seja porque utiliza muitos recursos naturais (solo, pasto, água, plantas, animais etc.), e que são de difícil valoração pelo homem (GAMEIRO, 2009). Há diversos métodos disponíveis para o cálculo do custo de produção, que é o indicador chave para a análise da viabilidade de um empreendimento. Todavia, a utilização desses métodos na produção agropecuária ainda é passível de diversos questionamentos tanto técnicos quanto científicos. O desafio é permitir que a projeção da atividade no horizonte produtivo seja a mais real e dinâmica possível.

Simular compreende a elaboração de um método de experimentação que, através da construção de modelos de um sistema real, procura descrever comportamentos, construir teorias ou hipóteses por meio do observado e prever comportamentos futuros. A aplicabilidade da simulação nas engenharias é consagrada entre os pesquisadores. Na produção animal as linhas de pesquisas nesta área, nas universidades pelo mundo, ainda são modestas. De uma forma geral, o uso da simulação é mais observado em estudos que se preocupam com o desenvolvimento de um projeto ou procedimento operacional para algum sistema estocástico, ou seja, um sistema que evolui probabilisticamente ao longo do tempo, usando-se distribuições de probabilidades para gerar aleatoriamente componente por componente, evento por evento, que existam ou ocorram no sistema (HILLIER; LIBERMAN, 2006).

O uso de modelos de simulação, que incorporem o risco e a probabilidade dentro produção animal, pode ser uma alternativa tanto técnica, auxiliando na tomada de decisão, gestão e planejamento pecuário, quanto científica, permitindo a avaliação de efeitos de resultados da pesquisa e identificação de limitantes que podem incentivar o desenvolvimento de pesquisas futuras.

Definir padrões tecnológicos que melhor se encaixem ao perfil do produtor, à aptidão da fazenda, a uma região, é importante, e o uso de modelos computacionais pode contribuir no sentido de conhecer os resultados possíveis e a viabilidade econômico-financeira das diferentes combinações tecnológicas disponíveis para cada realidade (STIVARI, 2012). A análise econômica para qualquer atividade que vise o lucro é de extrema importância. É por meio dela que o pecuarista passa a conhecer com detalhes e a utilizar, de maneira inteligente e econômica, os fatores de produção – terra, trabalho e capital.

A ovinocultura de corte nacional é considerada como um setor em desenvolvimento. Em números, o rebanho efetivo nacional de ovinos aumentou em 16%, contra 3% do rebanho bovino, entre os anos de 2004 e 2014, indo ao contrário dos países com tradição na produção de ovinos, como a Austrália e a Nova Zelândia, que têm apresentado retração para o mesmo período (FAOSTAT, 2015). Contudo, a atividade carece de padrões tecnológicos bem definidos, repercutindo em muitos questionamentos quanto aos manejos a serem adotados e aos gargalos produtivos. Para que a ovinocultura alcance o nível de desenvolvimento econômico e tecnológico, a exemplo dos outros setores como a bovinocultura e a suinocultura, é de fundamental importância conhecer os custos que envolvem essa atividade, tornando-se uma efetiva alternativa econômica no contexto da agropecuária nacional (MEDEIROS et al., 2009).

Segundo Gameiro e Caixeta-Filho (2010) os indicadores econômicos podem apresentar várias utilidades, tanto para funções administrativas de uma empresa, visando auxílio na tomada de decisões específicas, quanto no âmbito macroeconômico, para nortear políticas públicas e privadas. Dessa forma, localizam-se os pontos de estrangulamento para depois se concentrar esforços gerenciais e tecnológicos e obter sucesso na atividade e atingir os objetivos de maximização de lucros ou minimização de custos (LOPES; CARVALHO, 2002).

O estudo da influência dos índices zootécnicos e dos critérios de manejo na evolução do rebanho podem também auxiliar o produtor no momento da tomada de decisão. Concomitantemente, o estudo do impacto econômico destes índices dentro de diferentes cenários para períodos produtivos específicos de tempo, por exemplo, podem auxiliar na compreensão da sua atuação dentro de cada fase produtiva da atividade.

Trabalhos publicados na literatura estrangeira indicam o início do uso de modelos de simulação computacional na pecuária há aproximadamente 30 anos. No âmbito da pesquisa nacional, os trabalhos são ainda mais recentes e escassos. Nesta tese propôs-se desenvolver um modelo de simulação computacional híbrido, que envolva a simulação baseada em agentes e a simulação de eventos discretos, de caráter dinâmico e probabilístico, uma vez que a produção animal incorpora eventos marcados no tempo (estação de monta, gestação, parição, desmame, engorda, abate, entre outras), que tem o animal como agente norteador desse processo, e que pode ser alterado tanto no tempo (dinâmicos), quanto em resposta à ocorrência ou não das variáveis ligadas a eles (probabilísticos).

Com isso, o presente trabalho foi motivado pela necessidade de gerar uma ferramenta que ofereça um método de análise que permita a avaliação e planejamento do emprego de tecnologias dentro do processo de produção animal, bem como averiguar a viabilidade econômica da atividade, utilizando a ovinocultura de corte como ferramenta de estudo e aplicabilidade.

O modelo de simulação aqui proposto visa identificar coeficientes zootécnicos e os critérios de manejo que mais impactam a produção de ovinos de corte. O modelo servirá ainda como ferramenta de estudo e análise de diferentes combinações tecnológicas para a cadeia produtiva, bem como contribuirá na orientação aos cientistas, no intuito de auxiliá-los a direcionar seus esforços no desenvolvimento de futuras pesquisas.

2 OBJETIVOS

A presente pesquisa teve como finalidade desenvolver uma ferramenta, caracterizada por um modelo híbrido de simulação, baseado em agentes e simulação de eventos discretos, que possibilitasse a avaliação e o planejamento de um sistema de produção animal.

Os objetivos específicos do estudo foram:

- i. Mapear os coeficientes técnicos e econômicos de um sistema de produção de ovinos de corte;
- ii. Avaliar a aplicabilidade de um modelo de simulação híbrido para um sistema produtivo de ovinos de corte;
- iii. Construir cenários para diferentes tecnologias e coeficientes zootécnicos e avalia-los economicamente;
- iv. Realizar simulações de curto prazo (ciclo produtivo de um animal) e de longo prazo (estabilização de um rebanho comercial) para cenários representativos reais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMA AGROINDUSTRIAL DA OVINOcultura DE CORTE

Sistema agroindustrial (SAG) é o conjunto de atividades relacionadas à transformação de matérias-primas provenientes de sistemas agrícolas e/ou pecuários. Zylbersztajn (2000) descreve um SAG como uma rede de relações (*networks*), onde os agentes disputam de forma isolada ou integrada as melhores oportunidades de oferta de seus produtos aos seus clientes. São estabelecidos, em cadeia, os agentes supridores e supridos, onde a interdependência coexiste através de fluxos de materiais, informação e capital. A abordagem de “Sistema Agroindustrial” para estudar a ovinocultura no Brasil torna-se necessária frente a evolução dessa atividade e o desafio da carne ovina em passar a compor o *mix* de produtos do mercado cárneo nacional (MEDEIROS; BRISOLA, 2009).

A ovinocultura é uma atividade econômica explorada em todos os continentes. A ampla difusão dos 1,16 bilhões de animais (FAOSTAT, 2015) se deve principalmente à sua característica de adaptação aos ecossistemas com os mais diversos climas, relevos e vegetação. Dos ovinos é possível explorar a carne, o couro (em menores volumes), a lã e o leite (principalmente para a fabricação de queijos especiais).

Em nível mundial o rebanho brasileiro encontra-se na 21ª posição, com efetivo de aproximadamente 17 milhões de cabeças, sendo a China detentora não somente do maior rebanho (aproximadamente 180 milhões de cabeças) (Gráfico 1), mas também a maior produtora de carne (1,6 milhões toneladas) (FAOSTAT, 2015).

Gráfico 1 – Efetivo em cabeças dos cinco maiores rebanhos ovinos no mundo

Fonte: adaptado de FAOSTAT (2015).

Nos últimos 30 anos os países historicamente produtores de ovinos como, por exemplo, a Austrália, Nova Zelândia e o Reino Unido, têm apresentado forte retração no seu efetivo (43%, 57% e 27%, respectivamente). Esse comportamento é consequência da crise da indústria da lã, que teve seu auge na década de 1990, reflexo de uma série de eventos relacionados à política de preços e do grande estoque de lã acumulado pela Austrália, das crises econômicas na Ásia e Europa Ocidental, bem como da concorrência das fibras sintéticas e do algodão (EDUCAPONT, 2011).

Frente a essa retração, em meados dos anos 2004 e 2005, a ovinocultura de corte mundial deu início a sua expansão, acarretada, principalmente, pelo acelerado crescimento dos rebanhos nos países em desenvolvimento como a Índia (31%), o Irã (38%) e a China – que por si só apresentou significativa expansão do rebanho em 65% (FAOSTAT, 2015) (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Evolução mundial na produção de carne ovina e de lã frente ao efetivo ovino, de 1983 a 2013

Fonte: Adaptado de FAOSTAT (2015).
Legenda: M = milhões de cabeças.

No âmbito nacional o rebanho brasileiro acompanhou a tendência mundial, com redução mais expressiva entre os anos de 1995 e 1996 onde foi verificada uma queda de 20% no efetivo, aproximadamente 3 milhões de cabeças, em um único ano (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Evolução do rebanho ovino brasileiro entre os anos de 1983 a 2013

Fonte: Adaptado de FAOSTAT (2015).
Legenda: M = milhões de cabeças.

Esse acontecimento está relacionado à redução drástica do rebanho lanífero na região Sul do país, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul (RS). Decorrente da progressiva substituição da lã pelas fibras sintéticas de menor valor

têxtil e de fácil adaptação às exigências do mercado internacional (SILVA et al., 2013), muitos produtores optaram por mudar de atividade, fazendo com que o declínio no rebanho comercial ovino do RS perdurasse até 2006 (Tabela 1).

Tabela 1 – Taxa de crescimento regional do efetivo ovino brasileiro entre os anos de 1995 e 2006 e entre 2006 e 2013

Regiões	Cabeças		Variações	Cabeças	
	1995	2006		2013	Variações
Nordeste	6.987.061	9.379.380	25,5%	9.774.436	4,0%
Sul	10.133.298	4.491.523	-125,6%	5.186.823	13,4%
Centro-Oeste	467.843	987.090	52,6%	954.704	-3,4%
Sudeste	378.498	664.422	43,0%	722.228	8,0%
Norte	369.732	496.755	25,6%	652.328	23,8%
Brasil	18.336.432	16.019.170	-14,5%	17.290.519	7,4%

Fonte: adaptado de IBGE (2015).

Os 17 milhões de ovinos existentes no rebanho brasileiro estão distribuídos entre todos os estados da Federação. Segundo relatório do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), entre os anos de 1995 e 2006 foi observado movimento da atividade em direção às regiões Centro-Oeste e Norte, comprovado pelo aumento consistente do rebanho ovino (52,6% e 25,6%, respectivamente), principalmente nos estados de Mato Grosso, Acre, Rondônia e Pará, bem acima da média nacional (JESUS JUNIOR; RODRIGUES; MORAES, 2010). De acordo com o relatório, essa movimentação pode ser explicada pelo fato dos pecuaristas do Sul, conhecidos criadores de gado nos pampas, terem migrado para as regiões Centro-Oeste (primeiro) e Norte atrás de terras menos valorizadas economicamente, levando consigo seus cordeiros e o costume de consumir carne ovina.

Também é significativo o aumento do rebanho na Região Sudeste (43%), principalmente em São Paulo e na região do Triângulo Mineiro, regiões tradicionais na pecuária comercial e que concentram as matrizes das grandes empresas processadoras de carne. Há quem diga que a ovinocultura de corte brasileira teve seu real salto a partir do momento que criadores de bovinos das regiões Sudeste e Centro-Oeste, especialmente os “Neloristas”, viram na atividade a oportunidade de alta e rápida lucratividade – aliada à forte demanda do mercado interno e do alto valor agregado.

Apesar da expansão do rebanho nacional, o consumo médio *per capita* ainda é relativamente baixo (aproximadamente 0,6 kg/ano *per capita*) quando comparado aos principais países consumidores (Quadro 1). Contudo, de acordo com a Associação Brasileira dos Criadores de Ovinos (ARCO, 2014), estima-se que o real consumo brasileiro de carne de ovinos e caprinos estaria em torno de 0,8 kg/ano por habitante, podendo chegar a 1,5 kg/ano, se fossem considerados os abates informais (JESUS JUNIOR; RODRIGUES; MORAES, 2010). Simplício e Simplício (2006) afirmam que os consumidores vêm se adaptando aos novos hábitos de consumo, o que tem favorecido o crescimento da demanda pelas carnes de ovinos e seus derivados.

Quadro 1 – Consumo aparente de carne ovina e caprina no mundo no ano de 2011

País	Kg <i>per capita</i> / ano
Nova Zelândia	20,5
Grécia	12,8
Austrália	11,2
Emirados Árabes	7,6
Uruguai	5,9
Reino Unido	4,7
China	2,9
Brasil	0,6
Mundo	1,9
Oceania	12,0
África	3,0
Ásia	1,9
Europa	1,9
Américas	0,6

Fonte: adaptado de FAOSTAT (2015).

Mesmo com o baixo consumo relativo, a produção nacional é insuficiente para suprir o mercado interno, assim o Brasil necessita importar carcaças congeladas, carne desossada e ovinos vivos. No gráfico 4 observa-se uma discrepância histórica em relação à demanda (importação) e fornecimento (abate) de carne ovina para o mercado doméstico. Segundo Simplício e Simplício (2006) para atender à demanda por carnes de cordeiros no estado de São Paulo, por exemplo, seria necessário um rebanho da ordem de 28 milhões de cabeças, 11 milhões a mais do que o rebanho nacional atual.

Gráfico 4 – Dinâmica de abate, importação, exportação e efetivo ovino brasileiro nos últimos 30 anos

Fonte: adaptado de FAOSTAT (2015).

Legenda: M = milhões de cabeças; k = mil toneladas.

Com a elevação dos preços nominais pagos ao produtor na última década, a ovinocultura tornou-se uma atividade aparentemente atraente, culminando no aumento do número de animais abatidos no Brasil. Entretanto, a produção nacional de carne está aquém da demanda, sendo este nicho de mercado suprido, quase que em sua totalidade, por importações. De acordo com Falcão et al. (2006) como consequência dos gargalos tecnológicos, bem como da própria desorganização da cadeia produtiva, os abates de ovinos são tardios, comprometendo a qualidade das carcaças, limitando o acesso aos principais canais de comercialização, frigoríficos e os supermercados. Dessa forma, a oferta de carne no mercado torna-se precária, verificando-se a irregularidade ao longo do ano.

O mercado interno brasileiro já foi abastecido por inúmeros países como Chile, Argentina, Nova Zelândia, Estados Unidos, França, Reino Unido e Holanda, entretanto, o maior fornecedor de carne ovina do Brasil ainda é o Uruguai, sendo a origem de mais de 95% do total de produtos cárneos ovinos importados nos últimos anos (EDUCAPONT, 2011). Segundo Viana (2008) a carne uruguaia acaba competindo em preço com a carne brasileira, sendo disponibilizada para comercialização na maioria das grandes redes de varejo do país, além de receber o rótulo, contestável, de carne especial ou carne de qualidade superior. Dessa forma,

o autor conclui que as importações acabam reprimindo os preços pagos ao produtor, além de obter maior aceitação por parte dos consumidores.

Cada uma das regiões brasileiras produtoras de ovinos apresenta perfis muito diferenciados quanto à caracterização da criação, seja por quesitos relativos às características do rebanho, da mão de obra, da infraestrutura e mesmo dos objetivos centrais da produção, como também apresenta perfis de consumo diferenciados. O Nordeste historicamente tem a atividade predominantemente desenvolvida em pequenas criações e, na maioria das vezes, para a subsistência (BARBOSA, 2005), sendo a carne de *mutton*¹ e a pele os principais produtos apreciados. Contudo, a região tem exibido uma mudança de paradigma nos últimos anos, buscando tornar-se uma atividade empresarial e especializada.

As regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam expansão na demanda (GUIMARÃES; SOUZA, 2014), especialmente pela carne de cordeiro, sendo o estado de São Paulo o principal consumidor – por ser um estado com renda superior aos demais e abrigar grandes colônias árabes e nordestinas. No Mato Grosso a existência de projeto de instalação de uma planta frigorífica específica para abate de ovinos, que projeta abater 800 cabeças/mês, indica que o interesse empresarial na atividade é crescente na região. Segundo documento elaborado pelo BNDES, recentemente duas das maiores empresas de carne bovina do Brasil e do mundo, JBS® e Marfrig®, decidiram investir no segmento de corte de ovinos e caprinos, por meio da aquisição de plantas no exterior e da construção de unidades industriais no Brasil (JESUS JUNIOR; RODRIGUES, MORAES, 2010). Os objetivos com os projetos são o de aumentar tanto a gama de produtos comercializados como reduzir riscos com embargos sanitários oriundos da carne bovina, por exemplo.

Além das regiões acima citadas há o consumo deste produto por regiões não tradicionais que pode ser explicado pela promoção e divulgação das qualidades típicas da carne ovina, sabor e qualidade nutritiva. De forma geral, pode-se afirmar que o mercado consumidor brasileiro encontra-se em fase de desenvolvimento e é caracterizado por grandes diferenças regionais e maior concentração nas regiões produtoras (GUIMARÃES; SOUZA, 2014).

A cadeia da ovinocultura vem se destacando como uma atividade em expansão dentro da agropecuária nacional, sendo vista como estratégia de

¹ *Mutton*: nome comum utilizado para a carne ovina ou caprina de animais adultos.

desenvolvimento rural para médios e pequenos produtores. Isso se dá não somente pela possibilidade da produção integrada com outras atividades (bovinocultura, silvicultura, fruticultura, por exemplo), mas também devido ao seu potencial na geração de renda tanto para os produtores rurais quanto para os demais agentes da cadeia produtiva (VIANA; MORAES; DORNELES, 2013; GUIMARÃES; SOUZA, 2014). Apesar disso, Rodrigues et al. (2013) ressaltam que alguns entraves para o pleno desenvolvimento da atividade são a inexperiência do pecuarista na produção de ovinos de corte, escassez de frigoríficos especializados e da não valorização da atividade dentro da propriedade.

Mesmo na Europa, onde a ovinocultura está plenamente estabelecida, a atividade apresenta característica semelhante. De acordo com Kumm (2009) apresenta ser mais atrativo ter outra atividade bem remunerada não relacionada aos negócios da fazenda em combinação com uma pequena propriedade ou um rebanho de ovinos. Segundo o autor, em alguns casos, esta atividade é praticada como *hobby*, para manter ocupadas áreas ao redor da sede da propriedade. Todavia, o autor resalta que esse tipo de perfil não deve ser generalizado, uma vez que também foram encontrados pecuaristas especializados. Em nível nacional Rodrigues et al. (2013) constataram que a ovinocultura ainda não é atividade prioritária das propriedades rurais, pois os criadores a desenvolvem paralelamente a outras atividades econômicas de maior relevância, inclusive não necessariamente relacionadas à agropecuária.

Os pesquisadores Viana e Maciel (2012), em estudo sobre a configuração econômica da ovinocultura no Brasil e no Uruguai, verificaram que nos dois países pesquisados a decisão por desenvolver a criação ovina não partiu apenas de um estímulo econômico, mas também pela herança familiar, pela hereditariedade das rotinas produtivas e influência familiar de manutenção da atividade nos estabelecimentos rurais. Constatou-se ainda que as motivações dos produtores não se fundamentam apenas na maximização dos ganhos, mas também em características culturais dos indivíduos, como no caso da satisfação pessoal em desenvolver a atividade ovina. Esta pode ser uma das razões que faz com que haja desestruturação no SAG ovino, pois muitas vezes os produtores não sabem se realmente a atividade é ou não rentável, ou se sabem, a rentabilidade não se apresenta como determinantes na sua manutenção (RAINERI, 2012).

Recentemente a atividade tem passado por transformações estruturais cujos efeitos já começam a ser identificados (MEDEIROS et al., 2009). Gagleazzi et al. (2004) já advertiam que o crescimento da ovinocultura está amarrado a uma tendência crescente de comercialização em supermercados e restaurantes e de declínio direto do autoconsumo nas propriedades. Para Viana, Revillion e Silveira (2013) o desafio do setor produtivo reside em criar capacidade de oferta de produtos cárneos ovinos para diferentes mercados, desde nichos altamente especializados à mercados de consumo em massa.

Para Medeiros et al. (2009, p. 21):

[...] trata-se muito mais do que uma simples segmentação de mercado, uma vez que se constitui em decisivo vetor estruturante, não apenas de padrões de qualidade, mas de novos modos de governança da cadeia da ovinocaprino-cultura, capaz de exercer não apenas uma coordenação econômica, mas, principalmente, tecnológica sobre a produção.

Segundo Costa (2007) são apontados pelo menos dois fatores cruciais que impulsionaram essas mudanças. Por um lado, o surgimento de um nicho de mercado específico orientado por atributos de qualidade, exigindo da cadeia produtiva mecanismos de coordenação mais eficientes do que simplesmente via preço. Por outro lado, o fator globalização permitiu aos produtores brasileiros o conhecimento da importância dessa atividade em outros países, com destaque para a Nova Zelândia, Austrália, África do Sul entre outros. Medeiros et al. (2009) ressaltam que apesar da persistência de muitas regiões ao sistema tradicional de produção, que mal remuneram o custo de oportunidade da terra e do trabalho, em outras regiões começam a emergir novas formas de organização influenciadas por outros setores do sistema agroindustrial.

A produção e comercialização de carne ovina estão comumente organizadas a partir de sistemas de ciclo completo: cria, recria e engorda. Um dos modelos adotados na cadeia produtiva de ovinos gera produtos e cortes embalados que possuem elevado valor agregado, disponibilizados por varejistas especializados e grandes redes de hipermercados, mas distantes da capacidade de aquisição das classes mais populares em função dos menores níveis de renda (Figura 1).

Figura 1 – Modelo de um sistema agroindustrial da ovinocultura de corte brasileira

Fonte: Adaptado de Souza (2010).

A escolha dos canais de comercialização é um dos aspectos mais discutidos nos trabalhos de Souza, Lopes e Demeu (2008); Viana (2008); Sorio e Rasi (2010) e Rodrigues et al. (2013), pois é levantado o questionamento quanto a escolha da informalidade em detrimento da formalização ser um problema ou uma alternativa. O trabalho de Goulart e Favero (2010) avalia como os custos de transação podem ser fatores de decisão nesse contexto. Se por um lado a formalização deve elevar alguns custos (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997), por outro lado pode reduzir os custos de transação pela menor presença de oportunismo (BÁNKUTI; SOUZA FILHO; BÁNKUTI, 2008).

Aproximadamente 70% dos abates nacionais são realizados na informalidade, ou seja, abates clandestinos dentro das propriedades, 20% nos matadouros e somente 10% em frigoríficos (GARCIA, 2004). Os abates nacionais precisam ser melhorados não só na questão da informalidade, como também na padronização do produto ofertado. Essa baixa participação dos frigoríficos se dá tanto pela desorganização da cadeia produtiva, que, principalmente, está correlacionada ao não cumprimento por parte dos produtores para com as necessidades do mercado consumidor, mas também devido as plantas frigoríficas não estarem, em sua grande maioria, adequadas ao abate de ovinos e caprinos.

É muito comum se deparar com adaptações de plantas pré-existentes de frigoríficos. A exemplo pode-se citar o uso das plantas de abatedouros de suínos, que possuem características diferentes, como a baixa temperatura da câmara fria, não sendo ideais para a carne ovina (SAVELLI; MULLER; BAIRD, 2005). Neste caso, as temperaturas muito baixas geram um resfriamento excessivo e, devido ao menor teor de gordura externa em relação aos suínos, acarreta maior encurtamento da carcaça quente e alteração na coloração da carne, escurecendo-a podendo reduzir a atratividade do consumidor pela carne.

A inclusão de novos agentes produtivos passa pela necessidade do atendimento às exigências mercadológicas quanto à idade e peso dos animais abatidos, que por sua vez tornam-se viáveis apenas com ganhos em escala e elevados níveis de custeio e investimento. Segundo as estatísticas oficiais mais de 60% do rebanho ovino brasileiro está alojado em propriedades de até 50 hectares e a maioria dos criadores possui menos de 100 matrizes (IBGE, 2009), fazendo com que esse produtor tenha a necessidade de ser eficiente e competitivo. Para que o produtor consiga no final do processo produtivo obter animais jovens, com carcaças uniformes, de qualidade e adequadas com as exigências do mercado, ele precisa de eficiência produtiva e alocativa² na sua atividade.

A atividade produtiva primária é o segmento mais vulnerável da cadeia agroindustrial devido às limitações tecnológicas e gerenciais. Ao analisar a cadeia produtiva da ovinocaprinocultura no Nordeste, Costa (2007) afirma que a maioria dos criadores não possui nenhum tipo de mecanismo especializado de gerenciamento da propriedade. O percentual de adoção de tecnologias relacionadas à infraestrutura, gerenciamento e manejo do rebanho é ainda muito baixo. Assim, por não conseguir controlar o preço do produto que vende, o produtor necessita administrar as variáveis que estão sob o seu controle, como os índices zootécnicos e manejo, por exemplo. Trata-se de uma estratégia para tornar seu produto competitivo, atingindo menores custos de produção.

O processo de modernização da agricultura, observado durante o século XX no Brasil, trouxe consigo a ideia de eficiência produtiva, ou seja, necessidade de otimizar o uso de fatores de produção, a fim de obter maiores níveis de produtividade e rentabilidade (VIANA; SILVEIRA, 2008). A ovinocultura de corte brasileira carece de padrões tecnológicos bem definidos, o que gera muitos questionamentos quanto ao manejo a ser adotado. O estudo da influência dos índices zootécnicos, como a taxa de fertilidade, taxa de natalidade, taxas de mortalidade e dos critérios de manejo como taxa de descarte, manipulação de estro, entre outros, e como estes geram impactos na evolução do rebanho, podem auxiliar

² Eficiência produtiva e alocativa: a eficiência produtiva está ligada à habilidade de evitar desperdícios, ou seja, a habilidade de produzir tantos *outputs* quanto o uso dos *inputs* permitir. Por outro lado, a eficiência alocativa está ligada à habilidade de alocar, da melhor maneira possível, os recursos econômicos disponíveis no processo produtivo. Em outras palavras, a eficiência alocativa é a componente da eficiência econômica que mede se um dado recurso está sendo utilizado, economicamente, de maneira ótima (MARIANO, 2007).

o produtor no momento da tomada de decisão dentro da atividade. Concomitantemente, o estudo do impacto econômico desses índices dentro de diferentes cenários para períodos produtivos específicos de tempo pode auxiliar na compreensão da sua atuação dentro de cada fase produtiva da atividade.

A análise econômica para qualquer atividade que vise o lucro é de extrema importância. É por meio dela que o pecuarista passa a conhecer com detalhes e a utilizar, de maneira inteligente e econômica, os fatores de produção (terra, trabalho e capital). Segundo Gameiro e Caixeta-Filho (2010) os indicadores econômicos podem apresentar várias utilidades, tanto para funções administrativas de uma empresa, visando auxílio na tomada de decisões específicas, quanto no âmbito macroeconômico, para nortear políticas públicas e privadas. Dessa forma, localizam-se os pontos de estrangulamento, para depois se concentrar esforços gerenciais e tecnológicos, para obter sucesso na atividade e atingir os objetivos de maximização de lucros ou minimização de custos (LOPES; CARVALHO, 2002).

Medeiros et al. (2009, p. 27) reforçam que:

[...] a necessidade do controle dos custos deriva não apenas da preocupação microeconômica do controle da atividade em si, e isso já seria suficiente, mas também da necessidade de fornecer elementos para a emergência da governança contratual na busca do equilíbrio distributivo no âmbito da cadeia produtiva. A ausência quase que total de informações sobre custos efetivos de produção, atividade da ovinocaprinocultura, parece ser a regra em todas as regiões do país.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma opção de gerenciamento e planejamento para a ovinocultura, levando em conta não apenas a rentabilidade financeira dentro de um único ciclo produtivo, mas também na sustentabilidade financeira do projeto a longo prazo³. O modelo proposto visa identificar os coeficientes zootécnicos e os critérios de manejo que mais impactam a produção comercial de ovinos de corte e será uma ferramenta de grande valia para pesquisadores, técnicos e produtores no estudo e análise de diferentes combinações tecnológicas para a cadeia produtiva.

³ A expressão “longo prazo” na tese não deve ser confundida com o conceito de longo prazo para a Teoria Econômica. Longo prazo no presente estudo remete a alteração do número de matrizes no rebanho, mas mantém o custo fixo.

3.2 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nos processos de tomada de decisão gerenciais, nem sempre a intuição e as experiências prévias são suficientes. Para esses tipos de situação são necessárias análises mais elaboradas para a solução do problema. Essas análises podem ser realizadas pela Pesquisa Operacional⁴, já que seu objetivo principal, segundo Machline et al. (1975), é a criação de modelos adequados à tomada racional de decisão.

De acordo com Hillier e Liberman (2006) desde a Revolução Industrial o mundo presencia um crescimento em tamanho e complexidade das organizações, resultantes do expressivo aumento na divisão do trabalho e na segmentação das responsabilidades gerenciais. As conquistas geradas por estas mudanças foram significativas, porém acarretou novos problemas. Dentre eles encontram-se a perda da visão do objetivo organizacional e de como as atividades das organizações devem interagir para atingi-lo. É a perda da visão do todo. Os autores salientam que um problema relativo a isso é aquele no qual, à medida que as organizações aumentam em complexidade e especialização, torna-se mais difícil alocar os recursos disponíveis de modo eficiente.

Segundo Andrade (2002) a expressão “Pesquisa Operacional” (PO) foi utilizada pela primeira vez durante os primórdios da Segunda Guerra Mundial. De acordo com Hillier e Liberman (2006) durante o período de guerra havia uma necessidade permanente de se alocar de forma eficiente os escassos recursos militares. Para isso foram convocados cientistas e equipes de pesquisadores das mais diversas áreas de atuação – fisiologistas, físico-matemáticos, astrofísicos, topógrafos, físicos gerais, entre outros – no intuito de proporcionar uma abordagem científica para a solução de problemas logísticos, táticos e de estratégia militar.

Esses cientistas não fizeram mais do que aplicar o método científico que já conheciam, aos problemas que lhes foram sendo colocados. Desenvolveram então a ideia de criar modelos matemáticos, apoiados em dados e fatos, que lhes

⁴ Pesquisa Operacional é o conjunto de técnicas quantitativas com o intuito de auxiliar o processo de decisão dentro de uma filosofia de modelagem e, preferencialmente, de otimização (EHRlich, 1985, p.11).

permitissem perceber os problemas em estudo e simular e avaliar o resultado hipotético de estratégias ou decisões alternativas.

O sucesso da aplicação da PO nas operações militares foi observado no desenvolvimento e emprego eficiente da nova ferramenta, gerando conquistas tanto nos céus quanto na água e na terra. Os êxitos das equipes influenciaram a expansão do método para outros países e para outras áreas que não as militares. Apesar dos importantes resultados obtidos durante a segunda guerra mundial, eles foram limitados pela complexidade dos cálculos envolvidos. Somente após a disponibilização de métodos computacionais o potencial da PO foi melhor aproveitado.

O maior desenvolvimento da PO se deu efetivamente com a “avalanche da revolução computacional” na década de 50 e sua consolidação ocorreu nos anos 80, com o desenvolvimento de computadores pessoais cada vez mais poderosos e munidos de *software* específicos (HILLIER; LIBERMAN, 2006). Dentre as técnicas de PO que mais se desenvolveram com o avanço dos métodos computacionais está a simulação.

Segundo Gavira (2003) para alguns tipos de modelos a matemática clássica fornece instrumentos perfeitamente adequados para a determinação dos melhores valores das variáveis controladas, desde que as restrições não sejam numerosas. Em situações onde é necessário trabalhar com inúmeras restrições, não passíveis de tratamento pelos métodos clássicos, podem ser utilizadas outras técnicas para a resolução dos problemas. Entre essas técnicas destacam-se a Programação Linear, Programação Não-linear, Programação Inteira, Programação Dinâmica, Teoria das Filas, Teoria dos Jogos, a própria Simulação, entre outras. A técnica de simulação se destaca entre essas técnicas por ser uma ferramenta flexível, poderosa e intuitiva e é a mais usada entre as técnicas, ganhando contínua e rápida popularidade entre os pesquisadores (HILLIER; LIBERMAN, 2006).

A simulação é um termo geral utilizado em várias áreas do conhecimento. De acordo com Schriber⁵ (1974, apud FREITAS FILHO, 2008, p. 21) simular implica “na representação de um processo ou sistema onde as respostas do modelo imitam a do sistema real”. Em sua definição o autor não especifica que o modelo deva ser computacional, pois no período ainda era comum utilizar de modelos analógicos e

⁵ SCHRIBER, T. J. **Simulation using GPPS**. Wiley, NY, 1974.

físicos para se estudar e analisar o comportamento de sistemas. Atualmente o termo simulação é praticamente sinônimo de simulação computacional digital. Shannon⁶ (1975 apud FREITAS FILHO, 2008, p. 22) definiu “um modelo computacional é um programa de computador cujas variáveis apresentam o mesmo comportamento dinâmico e estocástico do sistema real que representa”.

Pegden, Shannon e Sadowski (1991) por sua vez apresentaram uma definição que se tornou clássica “a simulação é o processo de elaborar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este, com o propósito de compreender o comportamento do sistema, ou avaliar estratégias para a operação do mesmo”. Law e Kelton (1999) complementaram ao formalizar que um sistema é definido como um conjunto de partes e entidades que, interagindo entre si, tentam atingir determinado objetivo comum.

A simulação tem sido cada vez mais aceita e empregada como uma técnica que permite ao pesquisador ou analista dos mais diversos campos de atuação (economia, administração, engenharias, biologia, entre outros) averiguar soluções com a profundidade desejada, aos problemas no qual lida diariamente por causa da sua versatilidade de aplicações. Torna-se impossível enumerar todas as áreas específicas nas quais a simulação vem sendo usada (HILLIER; LIBERMAN, 2006; FREITAS FILHO, 2008).

Freitas Filho (2008) avalia que esse crescimento significativo se deve, sobretudo, à atual facilidade de uso e sofisticação dos ambientes de desenvolvimento de modelos computacionais, aliada ao crescente poder de processamento das estações de trabalho. O autor ressalta que com as novas interfaces gráficas mais amigáveis e acessíveis a diversas plataformas, a simulação deixou para trás o estigma de ser utilizada apenas “quando tudo mais já havia sido tentado”.

“O que aconteceria se?” é a pergunta mais frequente para pesquisadores que trabalham com modelos de simulação. É a pergunta a ser respondida. O principal apelo ao uso dessa ferramenta é que tais questões possam ser respondidas sem que os sistemas sob investigação sofram qualquer perturbação e a um custo e risco menor do que se fossem levadas a campos experimentais.

⁶ SHANNON, R. E. **Systems simulation**: the art and science. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1975.

Em contraste com modelos de otimização Freitas Filho (2008) parafraseia que um modelo de simulação é executado ao invés de resolvido, permitindo análises constantes, à medida que novas indagações sobre o comportamento do sistema modelado sejam feitas. Para Banks, Carson e Nelson (1996) a diferença entre simulação e otimização é que este é resolvido e retorna um resultado exato, ao contrário daquele – simulação – que é executado e seu resultado precisa ser interpretado pelo usuário. Normalmente os modelos de simulação são do tipo entrada-saída, ou seja, são modelos interativos que fornecem dados de entradas e respostas específicas para estes. O caráter dessas respostas costuma revelar o comportamento do sistema e não uma solução ótima para o mesmo.

Para melhor compreensão é necessário discutir o que é um modelo. O modelo é uma representação física ou matemática de um sistema que visa a avaliação das alterações de comportamento em função de diversas variáveis e parâmetros envolvidos, ou mesmo a avaliação de modificações introduzidas no sistema em estudo (BOTTER, 2008).

Os modelos devem ser tão simples quando possíveis e tão complexos quanto necessário para que ocorra um balanço ótimo entre os erros das estimativas e dos parâmetros modelados (BARIONI, 2002). Outra característica interessante dos modelos é o respeito pela regra do GINGO (*Garbage in, Garbage out*), ou seja, a interpretação dos resultados (saídas) do modelo deve ser realizada levando-se em consideração a exatidão e a representatividade dos dados de entrada e dos parâmetros utilizados, do conhecimento e experiência existentes sobre o sistema modelado, pois nem sempre os resultados do modelo são factíveis com a realidade (BARRET; NEARING, 1998; CAIXETA FILHO, 2001).

De acordo com Fialho (1999) os modelos podem ser classificados em três categorias: físicos, conceituais ou matemáticos. Os modelos físicos são aqueles que representam um objeto ou sistema em uma visão de menor escala, como, por exemplo, as maquetes. Já os conceituais, ou teóricos, descrevem o sistema e/ou seu comportamento por meio de teorias e ou representações gráficas, como, por exemplo, as inter-relações existentes em um ambiente de pastagens. E os modelos matemáticos utilizam de equações e inequações para representar e/ou descrever o sistema e estimando o seu comportamento.

Gordon (1978) propôs a classificação dos tipos de modelos associados aos possíveis sistemas existentes conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Tipos de modelos associados aos possíveis sistemas existentes

Fonte: adaptado de Gordon (1978)

Para o autor os modelos físicos são aqueles regidos pelas leis da física e servem para dar respostas a experimentos cujo equacionamento matemático não é totalmente conhecido, são exemplos a construção de modelos em escala reduzida, ou seja, maquetes, que utilizam de analogias entre sistemas distintos, como o mecânico e o elétrico por exemplo. Já os matemáticos usam notação apropriada juntamente com equações matemáticas para representarem um sistema.

As definições de modelos estáticos ou dinâmicos estão relacionadas com o comportamento de suas propriedades no tempo, sendo de caráter estático quando os valores das propriedades de interesse são determinados somente quando o sistema está em regime estacionário; e o dinâmico é o contrário, permite acompanhar as propriedades de interesse ao longo do tempo. Gordon (1978) afirma que quando um modelo matemático de natureza dinâmica é solucionado por um método numérico, ou seja, em que se aplicam diversos métodos computacionais, trata-se de uma simulação.

A simulação desempenha o mesmo papel em muitos estudos da PO. Entretanto, sua aplicabilidade é mais notada em estudos que se preocupem com o desenvolvimento de um projeto ou procedimento operacional para algum sistema estocástico, ou seja, um sistema que evolui probabilisticamente ao longo do tempo,

usando-se distribuições de probabilidades para gerar aleatoriamente componente por componente, evento por evento, que existam ou ocorram no sistema (HILLIER; LIBERMAN, 2006).

Normalmente a simulação é usada quando o sistema estocástico envolvido for muito complexo para ser resolvido pelos tipos de modelos matemáticos. Um problema frequentemente enfrentado pelos analistas em geral é identificar a técnica que melhor se ajuste ou que deva ser utilizada para resolver um sistema. Pidd (1996) sugere que a simulação seja utilizada em sistemas que sejam:

- Dinâmicos: onde a variação temporal esteja associada a fatores que não podem ser controlados, mas podem ser determinados por análise estatística;
- Interativos: sistemas que possuam componentes que interagem entre si e esta interação afeta o comportamento do sistema;
- Complicados: existem inúmeras variáveis que interagem no sistema em questão e sua dinâmica precisa ser considerada e analisada.

A classificação dos modelos não é uma atividade precisa, visto que os comportamentos dos sistemas podem ser combinados, ou seja, nem sempre se tem modelos com características puras, pertencentes a uma única classificação. Law e Kelton (1999) classificaram os modelos de simulação em três grupos distintos: i) a simulação de eventos discretos e a simulação de sistemas contínuos; ii) a simulação de sistemas estáticos e a simulação de sistemas dinâmicos; e iii) simulação de sistemas determinísticos e a simulação de sistemas probabilísticos.

A simulação de sistemas discretos é aquela em que as variáveis de estado mudam somente quando ocorre um evento em determinado período, ou seja, ocorre um "salto" no tempo ao se avançar para o evento seguinte. Hillier e Liberman (2006) exemplificaram a simulação por eventos discretos como um sistema de filas, no qual o estado do sistema é o número de clientes em fila e em atendimento. Os eventos discretos seriam a chegada de clientes no guichê de atendimento e a saída dos mesmos ao finalizar o atendimento. Assim, ocorre uma mudança de estado do sistema de acordo com a velocidade de atendimento no guichê, por exemplo.

Já a simulação de sistemas contínuos é aquela em que as variáveis de estado podem assumir quaisquer valores dentro de um intervalo real ao longo do tempo da simulação, em outras palavras, "é aquela na qual as mudanças no estado do sistema ocorrem continuamente ao longo do tempo" (HILLIER; LIBERMAN, 2006,

p. 3). Por exemplo, se o sistema de interesse for um avião em voo e seu estado for definido como a posição atual da aeronave, então o estado está mudando continuamente ao longo do tempo. Esse tipo de simulação normalmente exige o emprego de equações diferenciais para descrever a taxa de mudança das variáveis de estado (HILLIER; LIBERMAN, 2006).

Os modelos estáticos não levam em consideração o tempo quando for executado. O tempo não é considerado como fator essencial para a execução do modelo, caso fosse seria considerado um modelo dinâmico. Para Pidd (2004) a simulação de Monte Carlo pode ser considerada como exemplo de modelos estáticos, pois ao trabalhar com situações de risco não há certeza de quando as mesmas irão ocorrer. Desse modo, constrói-se uma distribuição de probabilidades, as quais não apresentam formas objetivas de construir uma distribuição de ocorrência.

Na simulação de sistemas determinísticos, os valores dos parâmetros são constantes. Já na simulação de sistemas probabilísticos – também chamados estocásticos – as variáveis podem assumir quaisquer valores dentro de intervalos definidos por distribuições de probabilidade. Em outras palavras, os modelos probabilísticos incorporam o risco e/ou a probabilidade associadas à decisão, o que não ocorre nos modelos deterministas onde toda a vez que o modelo é rodado, sem a alteração dos dados de entrada, serão obtidos os mesmos dados de saída.

A simulação de eventos discretos (SED), na prática, é a mais utilizada, entretanto, pode haver sistemas mistos ou combinados, denominados de sistemas híbridos (BRITTO; BOTTER, 2014), que possuam eventos discretos e contínuos, e mais recentemente modelos que incorporam a Simulação Baseada em Agentes (SBA). Apesar da simulação de eventos discretos ser bastante abrangente, alguns sistemas se apresentam muito complexos e as ferramentas tradicionais não têm sido suficientes para analisa-los (NORTH; MACAL, 2007). Nesta vertente, a simulação baseada em agentes é uma técnica que vem sendo aplicada nos últimos anos para se captar os fenômenos emergentes resultantes da interação de entidade independentes e que não podem ser reduzidas a partes do sistema, pois interagem entre si (BONABEAU, 2002; SILVA et al., 2015).

Na SBA *agentes* são entidades autônomas como pessoas, bactérias, animais, plantas, veículos, organizações, que possuem atributos próprios como tempo de

vida, percepção, capacidade de deslocamento, exigências alimentares, capacidade de consumo, capacidade de armazenamento, capacidade de multiplicação (COELHO, 2007). Agentes se comportam de maneira potencialmente complexa e interagem entre si ao longo do tempo e também com o ambiente em que estejam inseridos, na busca do atendimento dos seus objetivos, que podem ser reprodução, ganho econômico, entre outros (BARROS et al., 2011). Na SED programa-se o processo que vai atuar sobre objetos como peças, pessoas, documentos, já na SBA programa-se as atividades das peças, pessoas e documentos (BARROS et al., 2011). Pode se dizer que a simulação baseada em agentes complementa a simulação discreta tradicional (SUH, 2015) e que “é mais uma atitude do que uma tecnologia” (BONABEAU, 2002).

Neste trabalho propôs-se desenvolver um modelo de simulação computacional híbrido, baseado em simulação de eventos discretos e baseada em agentes, de caráter dinâmicos e probabilísticos, uma vez que a produção animal incorpora eventos marcados no tempo (estação de monta, gestação, parição, desmame, engorda, abate, entre outras) e em complexidade individual dos agentes, que podem ser alterados tanto no tempo (dinâmicos) quanto em resposta a ocorrência ou não das variáveis ligadas a eles (probabilísticos).

Apesar da ferramenta da simulação apresentar-se útil é necessário ressaltar algumas vantagens e limitações desse método. Os parágrafos seguintes foram baseados nos trabalhos de Saliby (1989); Banks, Carson e Nelson (1996); e Law e Kelton (1999).

O uso da simulação tem como benefício a elaboração de modelos mais realistas, conferindo maior liberdade na construção do mesmo. Por ser um processo de modelagem evolutivo, começa-se com um modelo relativamente simples e aumenta-se sua complexidade aos poucos, permitindo assim a identificação de maneira mais clara às peculiaridades do problema em estudo. Em situações onde os problemas são mal estruturados, ou seja, onde as informações a respeito do que se pretende estudar são incompletas, parciais, a simulação apresenta-se como uma das poucas ferramentas disponíveis para se aproximar de uma solução.

Perguntas do tipo “*what if?*” (“e se?”) muitas vezes são o que faz um estudo ser requisitado. Quando a busca por uma solução ótima não é o pretendido, e sim onde o objetivo do estudo resume-se em tomar mais claras as possíveis

consequências de um conjunto de decisões, a simulação é a ferramenta de escolha. Assim, por exemplo, é possível ter uma visão sistêmica do efeito que alterações locais terão sobre o desempenho global, examinar o comportamento do sistema. Além de permitir o teste de muitos aspectos de uma mudança, sem comprometer recursos.

Uma vez desenvolvido um modelo de simulação válido, pode-se explorar novas estratégias, procedimentos operacionais, arranjos físicos ou métodos sem perturbar o sistema real. Como um modelo de simulação é, em geral, mais fácil de compreender do que um conjunto de complicadas equações matemáticas, é possível utilizá-lo para treinamento de equipes, por exemplo.

Como limitações, os autores relatam que a construção de modelos requer treinamento especial, o que demanda tempo e, quando o analista não é experiente o suficiente, os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar. Os resultados da simulação podem ser de difícil implementação, pois a baixa precisão dos seus resultados é geralmente consequência do uso da amostragem inadequada para o estudo.

3.2.1 Simulação de eventos discretos

Como mencionado anteriormente a simulação de eventos discretos baseia-se na técnica de geração de eventos. Uma vez que o sistema estiver descrito e modelado, serão conhecidas todas as atividades e entidades envolvidas. Cada evento significa o início ou fim de uma atividade, podendo ser perfeitamente caracterizado e uma lista cronológica de todos os eventos pode ser elaborada.

Nance (1983) mostra que na década de 70 começou a ocorrer uma mudança de foco na aplicação da simulação de eventos discretos passando de uma abordagem centrada em “programa de simulação” para uma abordagem em “modelo de simulação”, em que a importância principal é o entendimento humano do problema e sua modelagem, e não o aspecto de codificação dos modelos no

computador. Pedgen (1995), criador da linguagem SIMAN⁷ (*Simulation Analysis*), mostra que a simulação discreta tem que ter como objetivo a descrição do comportamento de sistemas; a construção de teorias ou hipóteses que explicam o comportamento observado e, finalmente, o uso do modelo para prever um comportamento futuro, sendo de suma importância a caracterização prévia do sistema/problema em estudo.

A definição dos limites do sistema/problema que se pretende modelar, de seus parâmetros e propriedades de interesse são igualmente importantes. A estrutura de formulação de um estudo que utilize o processo de modelagem e simulação está representado na Figura 3.

⁷ SIMAN (*Simulation Analysis*) é uma linguagem de simulação que permite que sejam utilizados componentes com três orientações distintas (eventos discretos, contínuos ou mistos) no mesmo modelo. Foi inicialmente desenvolvido para modelos de manufatura e ganhou notoriedade entre os pesquisadores devido a sua interação com computadores “domésticos” e com a possibilidade do uso do mouse na construção dos modelos (PEGDEN, 1995).

Figura 3 – Fases de um projeto de simulação

Fonte: adaptado de Montevechi et al. (2010)

Além de seguir as etapas do processo de modelagem é necessário estar familiarizado com vocabulário e terminologias utilizadas. A seguir são apresentadas as terminologias baseadas nos estudos de Botter (2008); Freitas Filho (2008) e Sena (2010).

i. Entidade: é o objeto de interesse dentro do sistema. Requer clara e explícita definição, podendo ser permanente, ou seja, são criadas no começo da simulação e persistem enquanto essa estiver executando; e temporárias, que podem ser criadas no começo ou ao longo da simulação e serem eliminadas antes mesmo do fim, e que têm caráter dinâmico dentro do sistema;

ii. Recurso: é considerada uma entidade estática. Fornece serviços às entidades dinâmicas. São elementos pertencentes ao modelo, mas não possuem características individuais. São tratados como itens quantitativos em que os seus procedimentos não são rastreados pelo computador;

iii. Atributos: é uma característica que define uma entidade. Um conjunto de atributos que possuem valores definidos e distintos faz a identificação da entidade no sistema;

iv. Variável: propriedade da entidade que pode receber qualquer valor dentro de um intervalo especificado;

v. Atividades: são ocorrências, durante um intervalo de tempo, que mudam o estado do sistema. As atividades endógenas são partes integrantes do sistema, enquanto as atividades exógenas correspondem aos eventos de ambiente que podem influenciá-lo;

vi. Espera: período que não possui comprimento de tempo especificado, também chamado de espera condicional. É necessária a confirmação de uma condição para que ocorra o fim da espera. Por exemplo, um cliente em uma fila de banco só será atendido se e quando um atendente estiver livre;

vii. Estado do sistema: é número de entidades dentro do sistema. Em outras palavras, coleção de variáveis necessárias para descrever um sistema em um momento do tempo específico. Analogamente, seriam os clientes que estivessem seja em “fila” ou em “atendimento”.

viii. Evento: é todo início ou fim de uma atividade, programados ou não, os quais, quando ocorrem, provocam uma mudança de estado. Geralmente uma atividade é limitada por dois eventos: um para o seu início e um para seu final.

Diversos são os trabalhos científicos encontrados na literatura internacional referente ao uso de simulação de eventos discretos nas áreas de engenharia de produção e gestão. Segundo Harrell et al. (1997), provavelmente, as indústrias de manufatura foram as maiores usuárias da simulação, principalmente devido à

facilidade de uso e à pressão competitiva pela eficiência operacional. Shannon (1992); Banks, Carson e Nelson (1996); Harrell et al. (1997); Banks (1998); Law e Kelton (1999) e Ören (2002) apresentaram aplicação da simulação em diversas áreas, como sistemas de manuseio de materiais, engenharia civil, indústria automobilística, transportes, saúde, área militar, serviços, sistemas de comunicação e de computação, programação de atividades, alocação de pessoal, reengenharia de processos de negócios, sistemas humanos, entre outras.

Andrade (2002) desenvolveu um projeto de um terminal intermodal para a hidrovia Tietê-Paraná, no intuito de propor a implantação de adequados terminais intermodais para grãos sólidos (soja *in natura* e farelo de soja) nas margens das hidrovias, de modo a aumentar a participação do modo fluvial na matriz de transporte do país. Para estudar as demandas e a capacidade da via, onde se definiu o tipo de carga, quantidade de carga movimentada e a projeção da demanda, bem como a movimentação ao longo do tempo, o autor utilizou a técnica de simulação de eventos discretos (SED). Com o modelo elaborado, foi obtido o seu desempenho em termos de tempo de permanência para cada modal (hidrovia, ferrovia e rodovia), que mede o tempo de serviço oferecido pelo terminal. As alternativas geradas foram avaliadas em função do nível de serviço oferecido e do valor presente líquido (VPL) do investimento, conduzindo a escolha da melhor solução.

Montevechi, Duarte e Nilsson (2003) objetivaram demonstrar a aplicação da ferramenta de simulação em um caso real de uma fábrica de componentes automotivos. Assim, compararam a melhoria de uma célula de manufatura real de anéis automotivos para o uso em pistões, tanto pela maneira tradicional quanto pelo uso da simulação. Para realizar esta simulação utilizou o *software* ProModel®. Propuseram uma alteração no layout de operacionalização (melhorar a produtividade, ser economicamente viável e respeitar a área disponível) da célula de manufatura para reduzir os custos de produção, concluindo que houveram ganhos relevantes na performance da célula além de uma expressiva redução de custos.

Ribeiro (2003), considerando a impossibilidade da ampliação física suficiente para atender às perspectivas de crescimento da demanda de voos em aeroportos, como Congonhas (São Paulo), e a complexidade dos processos logísticos associados às operações aeroportuárias, elaborou um modelo de simulação de

eventos discretos para análise do processo de atendimento e do desempenho e eficiência do pátio de aeronaves. Utilizando dados reais do aeroporto do Congonhas, o autor constatou que o modelo foi útil no estudo do tempo de ocupação das posições (*turn-around time*), das esperas para atendimento e das taxas de ocupação dos recursos, assim como na determinação dos impactos das esperas em solo (*ground holding*) na capacidade total do sistema. O autor ainda ressalta em sua obra que o modelo poderia ser utilizado na avaliação de cenários de demanda, no teste de políticas de alocação de aeronaves às posições, entre outras práticas operacionais.

Chin (2005) estudou as diversas variáveis intrínsecas na logística de centros de distribuições de peças no setor automotivo através da metodologia da SED. Segundo o autor existe diversas variáveis que estão diretamente relacionadas à movimentação no processo de retirada de itens, tais como capacidade e velocidade do transportador manual, influência do peso dos itens na coleta, dentre outras, que dificultam o processo de tomada de decisão e agilidade na execução. Para o autor, a simulação permite lidar com tais variáveis e fornece resultados que dão suporte à tomada de decisão, podendo então, gerenciar melhor os funcionários para completar a coleta de itens dos pedidos sem atrasos, por exemplo.

Campos (2006) elaborou um modelo em SED com o objetivo de caracterizar a logística reversa⁸ e apresentar ferramentas para a solução de problemas que surgem no dimensionamento dos sistemas de embalagens retornáveis do Entrepósito Terminal São Paulo da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (ETSP-CEAGESP). No intuito de dimensionar o sistema de embalagens retornáveis para tomates, o autor elaborou um modelo em três partes, segundo a lógica da logística reversa, e simulou oito cenários variando a quantidade de embalagens no estoque central de embalagens ou no estoque dos atacadistas, número de posições de estacionamento na central de embalagens, entre outros. Com o modelo o autor verificou que a quantidade de embalagens retornáveis, que viabilizam o sistema, é intimamente relacionada ao nível de atendimento que se deseja oferecer aos clientes. Segundo o autor, a demanda de embalagens

⁸ Logística reversa: processo do planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correlacionada do ponto do consumo ao ponto de origem com o propósito de recapturar valor ou para uma disposição apropriada (REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL, 2004).

retornáveis, de modo que nunca haja falta no sistema, seria de 5,05% do total de embalagens descartáveis utilizadas no ano; uma redução de 95% do total de embalagens utilizadas no ano – com a mudança de embalagens descartáveis para retornáveis, além de o custo da embalagem retornável poder ser até 20 vezes superior e ainda manter o sistema rentável.

Syberfeldt et al. (2008) demonstraram a utilidade do uso da simulação de eventos discretos para os serviços de entregas postais na Suécia. Eles averiguaram necessidade de melhoria no serviço de transporte das correspondências entre os postos de processamento de correspondências. Para isso, o modelo de simulação elaborado necessitava simular o transporte de uma série de pacotes do correio, de diferentes destinos e por uma frota de veículos heterogêneos (caminhões, caminhões de reboque, carros, trens e aviões), de modo com que os prazos estipulados fossem cumpridos, fossem de baixo custo e de baixa emissão de carbono. Os autores concluíram que a utilização da técnica de simulação é muito promissora uma vez que observaram soluções na utilização de simulação na ordem de 10% a 12% com menor custo, 20% a 25% menos atraso e 3% a 4% na redução da emissão de dióxido de carbono devido à otimização no serviço de transporte.

Ekren e Heragu (2008) avaliaram os níveis ótimos de transbordo, ou seja, a circulação de materiais entre locais de estocagem e quantidades de reabastecimento. Nesse estudo, os autores simularam duas políticas de transbordo e cinco cenários diferentes com o objetivo de minimizar o inventário total, os pedidos pendentes e o custo com o transbordo. Com o trabalho os autores observaram que quando a capacidade de transporte aumenta, o custo ideal diminui drasticamente, com custos semelhantes para ambas as políticas estudadas.

Brito et al. (2010) objetivando o desenvolvimento e o emprego de uma ferramenta computacional para apoiar decisões estratégicas sobre o planejamento e dimensionamento da logística e elementos de produção de uma fábrica de aço (currais, frota de transporte, etc.), utilizaram o *software* Arena® juntamente com a técnica de Modelagem e Análise Decisão por Multicritérios. Os autores realizaram simulações quanto ao dimensionamento da empresa frente à frota de navios próprios (dedicada ao fornecimento de minério de ferro para a usina) e para determinar a área de armazenamento atribuído a dois tipos de minério de ferro (SE e NE - devido às suas características devem ser armazenados separadamente), a fim

de evitar qualquer tipo de restrição ou interrupção na fábrica de aço. A partir deste ponto, a análise de multicritérios dos resultados obtidos no modelo de simulação de cada alternativa proposta foi realizada. Por meio desta análise, foi possível determinar o tamanho da frota de fornecimento de minério de ferro do navio, necessária para atender a demanda de transporte de carga planejada do projeto.

Como já mencionado, não só nas áreas de engenharias a utilização da metodologia de simulação por eventos discretos é difundida. A exemplo, Barahona et al. (2013) publicaram na Conferência de Inverno de Simulação de 2013 – *2013 Winter Simulation Conference*, nos Estados Unidos, o uso da simulação de eventos discretos, juntamente com a plataforma de modelagem do AnyLogic®, como ferramenta para se obter uma logística rápida e otimizada na gestão de respostas a desastres naturais. Segundo os autores eventos catastróficos, como furacões, terremotos ou inundações requerem equipes de emergência para distribuir rapidamente suprimentos vitais na proteção da saúde e da vida das vítimas. O modelo de simulação desenvolvido capturou, de forma otimizada, a estocagem de suprimentos, operações de distribuição, a incerteza da demanda, e a progressão dinâmica das operações de resposta a desastres. O quadro de simulação possibilitou acomodar uma ampla gama de cenários de desastres e estressores, e ajudou a avaliar a eficácia dos planos e políticas para uma melhor resposta aos desastres.

Urach et al. (2013) por sua vez desenvolveram um modelo de simulação com base na avaliação de intervenções para melhorar o tratamento de pacientes com aneurisma de aorta abdominal (AAA). Outro foco do trabalho foi a integração, ao modelo, de fatores de risco e de como eles determinam a escolha do modelo a ser aplicado, visto que, com o aumento no conhecimento sobre ou nas melhorias de tratamento de AAA, é necessário a reavaliação contínua. Segundo os autores, através da inclusão de várias propriedades específicas dos pacientes, o modelo não só forneceu comparação do estado atual da triagem, mas também forneceu informações de alterações na característica da população e suas respectivas consequências sobre casos de AAA. Os autores ainda concluíram que a estrutura do modelo, desenvolvido com o *software* AnyLogic®, apresentado é suficientemente flexível para permitir a adaptação para a pesquisa de doenças similares.

A aplicabilidade da técnica de simulação de eventos discretos nas engenharias é consagrada entre os pesquisadores e amplamente utilizada, entretanto, na produção animal as linhas de pesquisas se encontram em desenvolvimento nas universidades pelo mundo. Trabalhos publicados na literatura estrangeira indicam o início do uso de modelos de simulação, não especificamente modelos de simulação de eventos discretos, na pecuária há aproximadamente 30 anos.

Congleton (1984), estudando bovinos de leite, propôs um modelo dinâmico combinando informações sobre as características biológicas e econômicas da vaca leiteira para estudar as estratégias de gestão de produtos lácteos, principalmente em situações onde a coleta de dados empíricos é difícil. O autor utilizou o pacote GASP⁹ versão IV como ferramenta de simulação que permite simular processos de eventos discretos, reprodução por exemplo, e contínuos, produção de leite por exemplo. O autor procurou em seu trabalho estudar a relação entre rebanho e a rentabilidade por vaca, detalhando as relações entre idade, produção e os custos de produção.

Semelhantemente, Dijkhuizen, Stelwagen e Renkema (1986) e Sørensen, Kristensen e Thyssen (1992) propuseram um modelo de simulação estocástica para estudar as decisões de gestão em rebanhos leiteiros. Dijkhuizen, Stelwagen e Renkema (1986) com o objetivo principal de quantificar os efeitos econômicos de diferentes políticas de abate no que diz respeito ao fracasso produtivo e reprodutivo, conseguiram identificar a importância da ampliação do conteúdo dos programas de saúde do rebanho e concluíram que a criação estratégica, tendo em conta a capacidade produtiva das vacas, seria a política mais rentável.

Sørensen, Kristensen e Thyssen (1992) desenvolveram um modelo dinâmico simulando a produção e as mudanças de período produtivo de um rebanho de bovinos de leite, para que fosse através de ações baseadas em ações no tempo por semana, formulado e testados parâmetros zootécnicos e de gestão de rebanho. Os autores modelaram os eventos de ordem animal como concepção, morte fetal, sexo e viabilidade do bezerro, mortalidade, entre outros, para um horizonte de dez anos, em diferentes cenários. Os cenários eram compostos por quatro diferentes regimes alimentares, três estratégias de abate e de reprodução, e dois tipos de restrições de

⁹ PRITSKER, A. A. B. **The GASP IV simulation language**. New York, NY.: John Wiley and Sons, 1974.

produção. Os resultados obtidos pelo modelo de simulação permitiram aos autores elucidarem na época que o tipo de restrição de produção – o tamanho do rebanho ou de quotas leiteiras – possui efeito importante sobre a classificação econômica dos regimes alimentares e estratégias de manejo.

A oportunidade de aplicabilidade da técnica da simulação de eventos discretos e sua contribuição para o desenvolvimento da pecuária é significativa. Cournut e Dedieu (2004) utilizaram dessa técnica para avaliar a viabilidade de sistemas intensivos de produção de ovinos obtendo-se três partos em dois anos. O sistema intensivo de produção “três partos em dois anos” é um sistema complexo de reprodução em ovinos, que combina alto nível de metas de produtividade e vendas regulares ao longo do ano. Nesse trabalho os autores avaliaram os efeitos de: i) decisões em relação ao manejo reprodutivo e seleção de animais para descarte; ii) dos parâmetros de fertilidade do rebanho (número de cordeiros nascidos vivos por ano), na distribuição ao longo do ano, na produção de longo prazo e na estabilidade demográfica. Os autores concluíram que nesse tipo de sistema de produção intensivo de cordeiros é necessário estar atento ao tempo e ao cronograma de execução das atividades devido a estacionalidade reprodutiva dos ovinos, bem como estar atento a variação de desempenho no médio e longo prazo, tanto individual da matriz como do rebanho como um todo. Os autores ainda ressaltam da importância na pesquisa exploratória da ferramenta ao invés de uma ferramenta de suporte de tomada de decisão.

O uso de simuladores não necessariamente precisa trabalhar com rebanhos e não somente podem ser utilizados para prever desempenho ou impactos econômicos. Force, Perochon e Hill (2002) propôs a construção de uma ferramenta de simulação discreta baseado no indivíduo, no animal, com o objetivo principal de estudar e prever as consequências da ocorrência de mastite em rebanhos leiteiros, tendo em conta as características individuais dos animais, parâmetros sazonais e pecuária. O modelo foi elaborado com a colaboração entre epidemiologistas da área e profissionais que trabalhavam com simulação. O programa de simulação desenvolvido obteve resultados satisfatórios para aos especialistas de ambas as áreas. Os resultados individuais, que são gerados pelo simulador, podem ser usados para entender o comportamento peculiar da mastite no rebanho.

Outro estudo que utilizou de bases epidemiológicas foi o realizado por Andraud et al. (2009), que avaliou a influência de práticas de manejo de terminação dentro de uma fazenda em animais com idade suscetível à infecção por circovírus suíno tipo 2 (PCV-2) e o impacto da vacinação contra PCV-2, com diferentes regimes de vacinação, sobre a dinâmica da infecção. O modelo foi baseado em análise detalhada da dinâmica dos animais e na estrutura de contato da ninhada e apresentou-se como ferramenta útil para descrever a dinâmica de um agente infeccioso em um rebanho suíno.

Em outro trabalho, desta vez com ovinos no Brasil, Barioni, Dake e Parker (1999) utilizaram da simulação de eventos discretos para simular o pastejo rotacionado de ovinos para avaliar diferentes níveis de oferta de forragem em relação a massa de forragem pré e pós-pastejo, tempo de rotação, qualidade da dieta, desempenho animal e a margem bruta da empresa. O modelo proposto foi validado junto a dados experimentais a campo e utilizando então para calcular a taxa de lotação ideal e a oferta mensal de forragem, aplicações de nitrogênio, a suplementação de inverno, e a estimativa do peso do cordeiro nos 12 meses subsequentes. Os autores concluíram que a oferta de pastagem sugerida foi condizente com as recomendações fornecidas por criadores de ovelhas, enquanto as aplicações de nitrogênio foram maiores do que o esperado, refletindo a alta dos preços de cordeiro.

Trabalhos mais recentemente publicados que envolvem o uso de simulação de eventos discretos na pecuária incluem os desenvolvidos por Puillet et al. (2010) e Martin et al. (2011).

Puillet et al. (2010), estudando os efeitos de manejo de rebanho na eficiência animal, desenvolveram modelo dinâmico que representasse as interações entre o manejo técnico (em relação ao descarte animal, reprodução e alimentação) e os processos biológicos individuais. O modelo foi desenvolvido para obtenção de respostas a nível de rebanho e a nível animal, para um período de 20 anos. A metodologia dos eventos discretos foi utilizada na tomada de decisão a nível técnico. Com a análise de sensibilidade do modelo foi possível demonstrar que a eficiência do rebanho foi afetada principalmente pelo manejo alimentar e, em menor medida, pelo potencial de produção do rebanho. Os mesmos efeitos foram observados nos custos com a alimentação do rebanho e, com uma diferença ainda menor, entre o

potencial de produção e o manejo alimentar. Segundo os autores, o modelo possibilitou a abertura de futuros estudos e a melhor compreensão dos sistemas de produção animal.

Martin et al. (2011), estudando a produção a pasto de bovinos de corte, utilizaram da simulação de eventos discretos para apoiar a construção de modelos de simulação dinâmica para fins de avaliação e *design* empíricos de estabelecimentos comerciais. A originalidade dos modelos construídos com a ferramenta de simulação de eventos discretos residiu na representação explícita de: (i) estratégias de gestão, como o planejamento e coordenação das atividades no tempo e espaço através do qual o produtor controlaria os processos biofísicos que ocorrem dentro do sistema; e (ii) diversidade de planta, animais, pastagens e campos agrícolas, vislumbrando as oportunidades de gestão e as dificuldades que isso poderia induzir. Os resultados das simulações foram significativos, mas, mais do que os resultados em si, os autores ressaltam a expressiva contribuição dos modelos. Para os autores, devido à característica do modelo em considerar os quesitos práticos e técnicos inerentes à produção, é possível aumentar o realismo da simulação de uma propriedade comercial, e por consequência a sua credibilidade e relevância dos sistemas projetados.

No Brasil não se conhece um modelo de simulação de eventos discretos que permita a avaliação da viabilidade econômica de um empreendimento de produção de ovinos de corte, bem como a avaliação dos resultados econômicos de mudança nos seus coeficientes produtivos. Cabe lembrar que os modelos de simulação de eventos discretos são executados e não resolvidos, como tradicionalmente ocorre com os modelos de otimização. Os modelos de simulação de eventos discretos buscam, principalmente, descrever o comportamento de um sistema, construir teorias e hipóteses considerando observações *a priori*, e prever um comportamento futuro através do modelo, ou seja, prever os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

Para Nunes, Barbieri e Pinho (2015) é importante salientar que em determinadas ocasiões ocorrem dificuldades na modelagem por meio da SED, onde o modelador se encontra obrigado a supor ações do elemento em análise – agente, a fim de ajustar seu comportamento dentro do modelo. Como a população de agente é heterogênea, também heterogêneas são suas interações, podendo ser, não-

lineares, complexas, descontínuas ou discretas, além de desenvolver a capacidade de aprendizado e adaptação (BONABEAU, 2002). Para Dubiel e Tsimhoni (2005) é muito difícil modelar as decisões dos elementos de forma individual, utilizando a SED. Baines et al. (2005) afirmam que ao incorporar a individualidade do agente melhora-se a precisão da simulação. A Simulação Baseada em Agentes é atualmente a ferramenta que permite a elucidação dessas interações. Para Law (2011) a SBA tem facilitado o processo de modelagem e colhido sucesso em aplicações ocorridas numa diversidade de atividades de interesse nas organizações, governo e academia.

3.2.2 Simulação baseada em agentes e modelos híbridos

A Simulação de Eventos Discretos (SED) tem sido o sustentáculo da Pesquisa Operacional (PO) por mais de 40 anos. A chegada de Simulação Baseada em Agentes (SBA) no início de 1990, prometeu oferecer algo novo, interessante e potencialmente aplicável à Pesquisa Operacional (SIEBERS et al., 2010). A SBA têm suas raízes históricas no estudo de sistemas adaptativos complexos (CAS – *Complex Adaptive Systems*¹⁰), originalmente motivado por investigações sobre a adaptação e o surgimento de sistemas biológicos (HEATH; HILL; CIARALLO, 2009; SILVA et al., 2015).

A Simulação Baseada em Agentes é uma abordagem relativamente nova que visa modelar sistemas complexos, que por sua vez são compostos por agentes autônomos que possuem comportamentos – comumente descritos por regras simples e interações com outros agentes – que influenciam o seu comportamento (MACAL; NORTH, 2010). Diferentes vertentes foram desenvolvidas sob o slogan de “modelagem baseada em agentes” em diversas disciplinas como inteligência artificial, ciência da complexidade, teoria dos jogos, entre outras (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004). No entanto, há relativamente poucas evidências do uso da SBA

¹⁰ Sistema com capacidade de responder de forma organizada aos estímulos externos. Estímulos esses decorrentes de padrões complexos que correspondem à organização hierárquica de um sistema e com potencialidade de se modificar em função das interações com o meio circunvizinho (GELL-MANN, 1996; SOUZA; MANZATTO, 2000).

pela PO, com poucas publicações relacionadas ao seu uso quando comparada em revistas de disciplinas como Ciência da Computação, Ciências Sociais e Economia (SIEBERS et al., 2010).

Neste estudo foi usado o acrônimo SBA, porém outros termos alternativos podem ser encontrados na literatura para as diferentes ramificações de sua aplicação, dentre os quais se podem citar exemplos como: Modelagem Baseada em Agentes (MBA), Modelagem Computacional Baseada em Agentes (MCBA), Simulação Social Baseada em Agentes (SSBA), Simulação Computacional Baseada em Agentes (SCBA), Modelagem Baseada em Indivíduos (MBI) e também Simulação e Modelagem Baseada em Agentes (SMBA) (SAKURADA; MYIAGE, 2009).

A definição precisa de SBA varia em todos os campos de estudos e até mesmo dentro do próprio campo, mas a sua filosofia e aplicabilidade são similares: simulação de interações de objetos autônomos a fim de identificar, explicar, gerar e delinear comportamentos (CHAN; SON; MACAL, 2010). O termo “agente” também é motivo de discussão, sobre quais tipos de propriedades um objeto deve ter – consciência espacial, capacidade de aprender, capacidade social, “intelecto”, entre outros; para “merecer” ser chamado assim (SCHIERITZ; MILLING, 2003). Segundo autores como Smith, Goodchild e Longley (2007) e Zhang e Zhang (2007) o conceito de agente é altamente abstrato e não há uma precisa definição deste termo na literatura de modelagem de sistemas. Para Odell (2002) agentes são “objetos com atitudes”.

De acordo com Dong, Liu e Lu (2012) agentes podem ser representado por organizações, pessoas, produtos, animais, projetos, entre outros. Devido à grande discussão no campo acadêmico com relação à definição de agente, Grigoryev (2012) apresenta alguns fatos que podem ajudar no esclarecimento, são eles:

- Agentes não necessariamente vivem em um espaço discreto, já que em muitos modelos o espaço pode não existir;
- Agentes não necessariamente são pessoas. Podem ser veículos, peças de equipamentos, ideias ou até mesmo um investimento;
- Um objeto que pareça ser um objeto absolutamente passivo pode ser um agente;

- Podem existir muitos ou poucos agentes em um modelo baseado em agentes;
- Existem modelos baseados em agentes onde os agentes não interagem entre si.

Samuelson e Macal (2006) complementam ao dizer que pode-se considerar um agente como sendo um elemento discreto com um aglomerado de aspectos e regras que governam a sua atuação, bem como a sua capacidade de tomada de decisões. Para Barros et al. (2011) os agentes assumem comportamentos mais complicados do que as entidades, que na SED são os objetos que lhes correspondem. Para os autores, na SED programa-se o processo que vai atuar sobre objetos, já na SBA programa-se atividades dos objetos, para que estes decidam eles mesmos sobre o seu destino.

De acordo com Sakurada e Myiake (2009) e Macal e North (2013), para fins de modelagem, pode-se considerar que os agentes possuem certas propriedade e atributos, como:

- Comportamento autônomo (pró-ativo ou reativo) e flexível, capaz de aprender e adaptar-se com base em experiências;
- Visão de mundo individual, sendo indivíduos identificáveis e que carregam um conjunto de característica e regras que governam seu comportamento e capacidade de tomada de decisão;
- Capacidade de comunicação e cooperação (interatividade) com outros agentes e com o ambiente;
- Condicionalidade: o seu estado varia ao longo do tempo.

Segundo Macal e North (2010) um modelo típico de simulação baseado em agentes possui três elementos principais: 1) um conjunto de *agentes*, seus atributos e comportamentos; 2) um conjunto de relações de agentes e métodos de interação, onde uma topologia subjacente de conexão define como e com quem os agentes interagem; e 3) o ambiente do agente, onde agentes interagem com o seu ambiente além de interagirem com outros agentes. Para rodar um modelo baseado em agentes é necessário que o agente seja capaz de executar repetitivamente seu comportamento e as interações, não necessariamente sendo guiado por uma linha

temporal, por atividades ou pela estrutura de eventos discretos (MACAL; NORTH, 2010).

Em simulação existem dois tipos de abordagens *bottom-up* e *top-down*, ou seja, de baixo para cima e de cima para baixo, o que as diferencia é o nível de abstração adotado (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004) (Figura 4).

Figura 4 – Exemplificação da aplicabilidade de modelos de simulação de acordo com o grau de abstração adotado

Fonte: Brito e Botter (2014).

Legenda: SD - System Dynamics; SED: Simulação de Eventos Discretos.

Exemplos de aplicações apresentados no topo da tabela são normalmente abordados em termos de valores agregados, *feedbacks*, tendências, entre outros, não sendo considerado os elementos na forma individual, como as pessoas, partes, produtos, veículos, animais (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004). Pode-se dizer que é uma abordagem *top-down*, ou seja, da visão geral do sistema para a compreensão dos seus níveis mais básicos. Ao nível mais detalhado (parte inferior da figura), que tem-se por assim dizer modelagem "física", onde os objetos individuais com tamanhos exatos, distâncias, velocidades e horários, são cruciais para a compreensão e/ou representação do que se está sendo estudado (BORSHCHEV;

FILIPPOV, 2004). É uma abordagem *bottom-up*, ou seja, estuda-se os níveis mais detalhados, que então podem ser associados a outros elementos e em muitos outros níveis, a fim de compreender o todo. Na Figura 5 é possível observar o nível de abstração frente aos principais paradigmas de simulação.

Figura 5 – Paradigmas de simulação de acordo com o nível de abstração.

Fonte: Adaptado de Borshchev e Filippov (2004).

Tecnicamente, de acordo com Borshchev e Filippov (2004), modelos baseados em Sistemas Contínuos ou *System Dynamics* (SD) e em Dinâmica de Sistemas (DS) trabalham em sua maioria com processos contínuos, enquanto a SED e a SBA trabalham com sistemas em tempos discretos, ou seja, saltam de um evento para outro. A DS está no ponto mais baixo da figura, pois se trata, basicamente, de modelos físicos, onde a abstração tem de ser a menor possível. A SD está no ponto mais alto da figura, onde o grau de abstração é alta. Para Brito e Botter (2014) a SD é dependente principalmente de seus loops de *feedback* para a compreensão do desempenho de um sistema e das consequências das políticas de decisão, trata com dados gerais e extrapolações numéricas. Já a SED, segundo os mesmos autores, está também envolvida com a compreensão do desempenho do sistema, mas observa o seu desempenho através da observação de medidas de

desempenho. A SED necessita assim que seus modelos tenham de moderado a baixo grau de abstração.

Já a SBA pode ser utilizada em todos os níveis de abstração, tendo seus agentes modelados como objetos de naturezas e escalas muito diversas, onde agentes de nível "físico" podem ser, por exemplo, pedestres ou carros ou robôs; no nível médio – clientes; e no nível mais alto - empresas concorrentes (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004). Por estar centrada na modelagem dos agentes de um sistema, alguns autores caracterizam essa abordagem como uma técnica *bottom-up*, oferecendo, portanto uma forma mais simples para modelagem de sistemas complexos (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004; ZHANG; ZHANG, 2007).

Sakrurada e Myiake (2009) elencaram alguns elementos típicos da SBA que são:

- i. Estado: representa um conjunto particular de ações/reações (comportamento) da entidade a condições e/ou eventos, podendo ser simples ou conter outros estados (composto);
- ii. Transição: denota a mudança de um estado para outro, ocorrendo em um evento específico, levando ao atendimento de uma condição. É então acionada uma mudança de comportamento e, conseqüentemente, uma ação ou um grupo de ações é executado;
- iii. Diagramas de estados (*Statecharts*): conjunto de estados que podem ser ativados através de eventos que ocorrem no sistema. É utilizado para especificar os comportamentos dos agentes e possibilita a visualização de diferentes estados dos agentes, das transições, dos eventos que desencadeiam as transições e ações que os agentes realizam durante a permanência no sistema;
- iv. Comunicação/Interação entre agentes: as mensagens são consideradas como pequenos conjuntos de informação passados entre agentes e podem representar diversos objetos do mundo real, tais como informações, comandos, sinais, etc.

Para Barros et al. (2011) a capacidade de atribuir inteligência aos agentes depende apenas da capacidade do usuário criador-de-agentes em gerar agentes artificiais rigorosamente condizentes com a realidade. Contudo, para os autores,

criações desse nível podem ser difíceis ou impossíveis e que, para o alcance dos benefícios práticos das simulações, representações não precisam ser perfeitas; na maioria dos casos tem de ser aproximações satisfatórias. Os autores ressaltam que a qualidade dessas representações depende fortemente também da adequação e qualidade do *software* utilizado.

Muitos dos modelos baseados em agentes foram inicialmente desenvolvidos usando o *software* de modelagem Swarm (MINAR et al., 1996). Nas últimas duas décadas, a disponibilidade de *softwares* e ferramentas de modelagem baseada em agentes expandiu-se consideravelmente em número e capacidades (MACAL; NORTH, 2010), fazendo com que houvesse uma considerável expansão na utilização da SBA (NUNES; BARBIERI; PINHO, 2015). Os *softwares* de simulação mais frequentemente referenciados na literatura são o NetLogo, AScape, Swarm, MASON, Repast e o AnyLogic (SAMUELSON; MACAL, 2006; BARROS et al., 2011).

AnyLogic é um dos pacotes comerciais desenvolvidos pela XJ Technologies (Rússia) que disponibiliza algumas funcionalidades para desenvolvimento de modelos baseados em agentes. Atualmente é a única ferramenta de simulação que oferece suporte às três metodologias de simulação mais difundidas do mundo: System Dynamics, Eventos Discretos (Centrado em Processos) e Baseada em Agentes (SIEBERS et al., 2010). O *software* utiliza linguagem Java e dentre as aplicações citadas pelo fornecedor, destacam-se: estudos sociais, planejamento, otimização de fluxos, dinâmica de ecossistemas, redes de telecomunicações, evacuações de áreas e *call center*.

Sierbers et al. (2010) são categóricos ao afirmarem que, apesar da disponibilidade de diversos *software*, todos necessitam que o pesquisador conheça previamente técnicas de programação orientada a objetos e ter certo conforto com a linguagem Java. Para os autores a necessidade do desenvolvimento e aprimoramento dos *softwares*, para que haja redução na quantidade de código Java utilizado, é uma prerrogativa para redução da barreira entre pesquisadores e metodologia.

Lima (2009) sumariza com propriedade os principais desafios que rondam a SBA. Seriam eles: 1) a grande dificuldade de se “calibrar” o nível adequado de detalhamento na representação dos fenômenos investigados (ambiente, agentes e suas interações); 2) a dificuldade de aplicação da SBA nas ciências sociais, porque

neste caso a imensa maioria dos agentes são seres humanos – cujos comportamentos, potencialmente irracionais, resultam de processos psicológicos obscuros para os próprios usuários e modeladores; 3) a necessidade de dispor-se do enorme poder computacional demandado para o processamento das decisões individuais de quantidade numerosa de agentes (que são tratados no nível de atividades e não de processos coletivamente).

Apesar das dificuldades, existe grande e crescente interesse científico em conhecer o comportamento global de sistemas como esses, que ocorrem com frequência na vida real, mas oferecem grande dificuldade de tratamento com as abordagens de modelagem tradicional (BARROS et al., 2011). De acordo com Law (2011) a SBA tem facilitado o processo de modelagem e colhido sucessos em aplicações ocorridas numa diversidade de atividades de interesse nas organizações, no governo e na academia. Siebers et al. (2010) não consideram que a SBA esteja substituindo a SED ou a SD, ou que seja a panaceia que irá responder todas as questões. Mas afirmam que, mesmo a SBA sendo uma ferramenta com alta flexibilidade de modelagem e que pode, em muitos casos, responder melhor aos questionamentos, a decisão na escolha da metodologia deva ser por aquela em que o modelador esteja mais confortável em usar.

Heath, Hill e Ciarallo (2009) fizeram um levantamento de 279 artigos de 92 revistas, entre os anos de 1998 e 2008, sobre a aplicabilidade e característica das pesquisas que utilizam a SBA. Os resultados apontaram um aumento de 850%, passaram de quatro publicações em 1999 para 34 publicações em 2008, tendo o ponto máximo de publicação em 2007 com 54. Os autores atribuíram esse aumento expressivo às melhorias e ao desenvolvimento dos computadores e dos *softwares*. A pesquisa identificou os principais campos de estudos que usam a SBA, sendo a Economia (29%), Ciências Sociais (24%) e a Biologia (14%) os mais populares.

Algumas das diversas situações que têm utilizado a SBA são, por exemplo, no controle de tráfego aéreo (SHAH et al., 2005), propagação de doenças (JIANG et al., 2012; LIN; DEVISSER; MESSINA, 2015), estudos de defesa¹¹ (FURTADO, 2014), processos organizacionais (JENNINGS et al., 1996; FONSECA; RAMOS; SILVA, 2013), propagandas (RAND; RUST, 2011), evolução e segregação social

¹¹ Estudo de Defesa são estudos ligados a defesa nacional, segurança nacional e internacional e estudos estratégicos (ABED, 2016).

(AUCHINCLOSS et al., 2011), comércio eletrônico (TUROWSKI, 2002), processos de manufatura (TELGEN et al., 2013), telecomunicações, meio-ambiente e ecologia, economia (PAULA; CROCCO, 2013), entre outros (DUBIEL; TSIMHONI, 2005; LEITÃO, 2009). Alguns casos serão apresentados a seguir.

Shah et al. (2005) analisaram a utilização de SBA na gestão do tráfego aéreo. Em situações de emergência durante o voo, por exemplo, ocorrem implicações adicionais que vão além dos protocolos, onde o comportamento humano é de difícil mensuração e previsão. De acordo com os autores, a SBA permeou a integração de modelos cognitivos do desempenho humano, como o desempenho de pilotos e controladores de voos, a modelos tradicionais – protocolos de procedimentos operacionais. Os autores ressaltam que, embora as simulações baseadas em agentes não possam incluir todos os aspectos do comportamento do sistema, ela pôde fornecer novas percepções de forma rápida e a um baixo custo.

Furtado (2014), analisando a utilidade da SBA em estudos de defesa através da simulação de um ataque com antraz no Aeroporto Internacional do Galeão (RJ), relatou que quando se tem uma complexidade no cenário e, principalmente, dos recursos humanos envolvidos, como a experiência pessoal das autoridades envolvidas, sua função, seu tempo no cargo e treinamento do agente que executa a avaliação – fatores esses pouco ligados ao rigor científico ou a outros métodos qualitativos de avaliação, a modelagem tradicional se torna muito limitada e de difícil execução. Para o autor, a possibilidade de rever inúmeras vezes o resultado da modelagem favorece a otimização das ações desenvolvidas em caso de um atentado real, fazendo com que a técnica da SBA seja extremamente realística e adequada para se fazer estudos de defesa.

Lin, DeVisser e Messina (2015) aplicaram a SBA em estudo direcionado para simular e avaliar técnicas de distribuição da mosca tsé-tsé (*Glossina spp.*), vetor responsável pela transmissão da Tripanossomíase – também conhecida como a “doença do sono”. O controle da Tripanossomíase é centralizado na eliminação do vector, que requer modelos eficazes capazes de predizer mudanças da população e distribuição da mosca ao longo do tempo e espaço. Segundo os autores, frente à limitação dos modelos tradicionais, principalmente pela limitação quanto aos dados de campo, o desenvolvimento do modelo baseado em agentes, utilizando dados remotos do ambiente, forneceu uma ferramenta flexível. Os autores afirmam que,

devido à natureza do processo ser do tipo *bottom-up* e com a possibilidade de coleta de dados de entrada de forma livre, pode ser facilmente utilizada em outras áreas de controle do vetor. Os autores concluíram que a utilização da técnica permite simular uma população de moscas mais condizentes com a realidade, quando comparado com modelos estatísticos tradicionais.

Pirotta et al. (2014) utilizaram a SBA para avaliar o impacto do turismo sobre o comportamento de golfinhos na Nova Zelândia. O modelo descreveu o comportamento de golfinhos a nível individual e em grupo, o comportamento dos barcos de turismo – incorporando a forma como as principais características geográficas atraem esses barcos, além da heterogeneidade tanto das atividades dos golfinhos como do risco de predação por tubarões. O modelo identificou padrões de distúrbio na dinâmica entre golfinhos e os barcos de turismo, podendo ser considerado como uma ferramenta preditiva de suporte para uma gestão eficaz do controle dos impactos do turismo no ecossistema em questão.

Auchincloss et al. (2011) estudaram padrões de segregação que geram disparidades de renda e suas consequências na dieta de pessoas nos Estados Unidos. Os autores elaboraram um modelo baseado em agentes que explorou as preferências de alimentos consumidos em casa, os preços relativos de alimentos saudáveis e a localização das lojas de alimentos saudáveis, utilizando dados de experimentos já realizados. Os resultados apontaram que as diferenças de renda na dieta resultaram da segregação das famílias de alta renda e lojas de alimentos saudáveis de famílias de baixa renda e lojas de alimentos não saudáveis. Quando ambos os grupos de renda compartilharam uma preferência por alimentos saudáveis, as dietas de baixa renda melhoraram, mas a disparidade permaneceu. Para os autores, o modelo ressalta os desafios de se promover a mudança de comportamento favorável quando as pessoas e os recursos são segregados, e que pode ser uma ferramenta útil para propor e testar políticas ou intervenções sociais.

Dentro da agropecuária também é possível encontrar diversas aplicações da técnica de SBA, como nos estudos dos impactos de políticas agrícola no uso da terra, na biodiversidade e nos ecossistemas (BERGER, 2001; BRADY et al., 2012; BERGER; TROOST, 2014), no controle e disseminação de doenças nos rebanhos (DION; VANSCHALKWYK; LAMBIN, 2011), comportamento animal (DUMONT; HILL, 2004; ASHER et al., 2013), alimentação (POMAR; LÓPEZ; POMAR, 2011), bem-

estar-animal (COLLINS; PART, 2013; BOUMANS et al., 2014), entre outras. Alguns cases serão apresentados a seguir.

Brady et al. (2012) desenvolveram uma plataforma de simulação baseada em agentes para análise de políticas agrícolas e decisão do uso da terra por agricultores. No estudo várias fazendas foram modeladas como se fossem agentes, tendo o comportamento e a interação entre elas, principalmente a disputa por terras, definido através de uma estrutura de otimização do uso da terra e do impacto no *landscape*¹² no sistema. O modelo apresentou-se sensível à escolha do esquema de política para os *landscapes* e apontou as dificuldades de se atingir metas de *landscape* para algumas regiões, devido as regras de gestão da terra individual e geral.

Dion, VanSchalkwykb e Lambin (2011) estudaram a epidemiologia da febre aftosa na África do Sul utilizando um modelo de SBA. No estudo foram simulados a dinâmica espacial e temporal do vírus entre os búfalos africanos (reservatórios do vírus) e o gado – populações, espaço e tempo, com o objetivo de compreender como a heterogeneidade da paisagem influencia os surtos da doença. Foi avaliada a sensibilidade de vários fatores que influenciam a taxa de contato entre búfalos e bovinos e o risco da transmissão da febre aftosa. Os resultados mostraram que o contato entre os animais depende, principalmente, da configuração da paisagem e sobre o número de cercas quebradas em razão do tempo entre a quebra e o concerto, afetando o deslocamento dos mesmos. Os resultados também apontaram que não só perto da água há o contato entre os animais, mas também em um raio de 6 km de áreas de pastagens onde as cercas estariam quebradas.

Pomar, López e Pomar (2011) explorando o conceito de pecuária de precisão, propuseram um modelo de SBA que projetasse, testasse e avaliasse o desempenho de um novo equipamento automatizado de alimentação de precisão para fazendas de gado. No modelo, o agente é uma peça de *software* que executa as funções pré-definidas do sistema, tais como a troca de informações ou solicitação de serviços para outros agentes. A abordagem proposta representou cada componente do sistema de alimentação de precisão real, por um agente virtual. Os agentes foram

¹² *Agricultural landscapes* são definidos pelo resultado visual do manejo e administração da terra, quando se trata do uso da terra pela manutenção animal. Suas ideias dizem respeito a indivíduos ou a um grupo de indivíduos que utilizam esta terra em diferentes maneiras e por vários motivos (SANTOS; GAMEIRO, 2016).

então montados dentro de um sistema que modela o equipamento como um todo, tendo sua capacidade operacional guiada pela comunicação e colaboração entre os diversos agentes virtuais. Segundo os autores, o modelo foi capaz de simular um protótipo virtual, que prevê o comportamento e desempenho do sistema como um todo, e explorar sistemas alternativos através de *feedbacks* instantâneos.

De acordo com Chan, Son e Macal (2010) a potencialidade do modelo teórico da SBA e da SED é o mesmo quando dado tempo e recursos computacionais satisfatórios. O que os diferencia são a flexibilidade e eficiência de modelar diferentes tipos de sistemas. SBA é adequada para sistemas onde as entidades interagem entre si frequentemente. A SED possui várias visões de mundo, como eventos agendados, interações de processos, mapeamento de atividades e outras formalidades, que variam grandemente na flexibilidade do modelo e no poder de análise.

As “interações” dentro de um modelo de SED são as inerentes aos processos, por exemplo, o processo de chegada, processo de serviço, etc., ao invés de serem entre as entidades, o que a diferencia da SBA onde as interações são entre as entidades. De forma geral, a maioria das plataformas de SED não são designadas para lidar com esse tipo de modelo, onde o número de eventos aumenta exponencialmente, tornando o modelo ineficiente e difícil de analisar.

Nos modelos de SED a entidade possui características individuais, mas de caráter passivo onde as regras são concentradas nos blocos do fluxograma. Já na SBA o processo é descrito do ponto de vista da entidade, onde algumas das regras são descentralizadas, fazendo com que a entidade diminua o seu caráter passivo e passe a ter comportamento individual. Alguns desses comportamentos são difíceis ou quase impossíveis de se modelar utilizando blocos de fluxograma (BORSHCHEV; FILIPPOV, 2004).

Constata-se então que a simulação tem sido aplicada com sucesso em praticamente todos os ramos do processo de decisão, uma vez que os métodos de simulação são compostos por metodologia flexível, e não necessitam de tantas simplificações como outras técnicas da PO (RABELO et al., 2005). De acordo com Brito e Botter (2014) o inevitável crescimento da complexidade dos sistemas tem aumentado a abstrusidade dos processos de tomada de decisão, exigindo aplicação de ferramentas que sejam capazes de manipular simultaneamente os aspectos

estratégicos, táticos e operacionais dos sistemas. Para Brito et al. (2012), uma alternativa viável para tratar essa complexidade é buscar maneiras de combinar técnicas da PO, por meio de metodologias híbridas.

Frente às diversas possibilidades de utilização da SBA, a utilização de modelos híbridos, ou seja, associados a outra metodologia de simulação – como a SED e a SD, podem agregar maior nível de complexidade aos sistemas modelados e proporcionar respostas antes não tão fáceis de serem respondidas. O termo “híbrido” em geral é utilizado para indicar heterogeneidade em relação a natureza ou composição (ANTSACLIS; NERODE, 1998). São as variáveis de estado que determinam se o modelo baseado em agentes será na verdade um modelo de eventos discretos ou híbridos. Dubiel e Tsimhoni (2005) ressaltam a importância em utilizar a SED e SBA em conjunto, pois dessa maneira torna-se possível modelar particularidades de um determinado sistema, que muitas vezes somente com a SED não se é possível, ou ainda muito trabalho e de difícil análise.

Zhang, Chan e Ukkusuri (2011) desenvolveram um modelo híbrido para avaliar cenários de sistemas de evacuação na área de transportes, combinando as vantagens da SBA e da SED. Para os autores ao juntar as duas metodologias foi possível reduzir o número de células no modelo, aumentar a escalabilidade, agregar regras de decisão para simular o comportamento das pessoas durante as evacuações e mobilidade unidirecional para os agentes, ou seja, os agentes poderiam se mover em qualquer direção como desejassem, possibilitando assim representar melhor o mundo real. Outra vantagem segundo os autores foi permitir que as interações entre os agentes só ocorram quando necessário.

Anagnostou, Nouman e Taylor (2013) desenvolveram um modelo híbrido de SBA e SED dentro do contexto de serviços médicos emergenciais (SME). Segundo os autores os modelos de simulação existentes de SME ou eram considerados como um único modelo ou vários modelos independentes que representavam diferentes elementos do sistema de forma isolada. O modelo proposto pelos autores consistiu no serviço de ambulância (SBA) e o atendimento de diversos acidentes e chamadas de emergência (SED). Para os autores, apesar do alto nível de abstração do modelo, os resultados demonstraram uma boa aproximação do sistema real. Os autores complementam que tal ferramenta de análise pode ser um recurso valioso

na gestão de SME, explorando cenários de melhoria através das análise do tipo “*what-if?*” (“e-se?”).

Liraviasi et al. (2015) aplicaram as metodologia de SBA e SED em uma linha de manufatura no intuito de verificar estruturas de reconfiguração de uma linha de produção. Atualmente os principais objetivos e desafios enfrentados pelos sistemas de manufatura são a introdução de novos produtos e no desenvolvimento de sistemas de manufatura reconfiguráveis. Segundo os autores, devido às mudanças nas necessidades dos clientes e na necessidade de redução do tempo de desenvolvimento dos produtos, é necessário ter um sistema de manufatura que seja passível de reconfiguração. Utilizando o *software* AnyLogic os autores desenvolveram um modelo que fosse capaz de exemplificar com excelência sistema de produção reconfiguráveis com capacidade de se reajustar, ampliar e modificar em um curto período de tempo. Além disso, de acordo com os autores, a estrutura (híbrida) flexibilizou a criação de novos cenários de produção e/ou layout.

Dentro da agropecuária, não foram encontrados modelos de simulação híbrida que utilizassem as metodologias da SBA e da SED, até a data da conclusão desta pesquisa. A SBA como ferramenta e paradigma de modelagem ainda está em desenvolvimento, assim como os modelos híbridos. A SBA tem sido usada em campos que tradicionalmente não usam simulação, e levará algum tempo até que esses pesquisadores tenham capacidade e domínio suficiente sobre a ferramenta, para que efetivamente sejam desenvolvidos modelos analíticos dentro das suas áreas (SIEBERS et al., 2010).

Com isso, o presente trabalho é motivado pela necessidade de gerar uma ferramenta que explore a potencialidade de ambas as metodologias: simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos, que ofereça aos técnicos e cientistas um novo método de análise. O modelo proposto visa identificar os coeficientes zootécnicos e os critérios de manejo que mais impactam a produção comercial de ovinos de corte.

Esta ferramenta poderá ser de grande valia para ser utilizada nas avaliações e planejamento do emprego de novas tecnologias dentro do processo produtivo na pecuária nacional, bem como na realização a viabilidade econômica da atividade. E, com isto, mostrar aos produtores e técnicos a importância de se adotar uma postura empresarial da atividade e para só assim atingir a excelência na produção.

3.3 INDICADORES ECONÔMICOS

A economia pode ser entendida como um estudo da escassez e dos fenômenos delas resultantes e, de forma mais sofisticada, como o estudo da alocação de recursos escassos entre usos alternativos com vistas à satisfação das necessidades (PEREIRA et al., 1990).

A ovinocaprinocultura ainda é considerada uma atividade de modesta expressão econômica dentro da realidade da agropecuária brasileira. Mesmo em regiões tradicionalmente ligadas a esse ramo pecuário, como o Nordeste, sua participação no valor bruto dos rendimentos da agropecuária é de pouco mais de 1% do total, para ovinos e caprinos (MEDEIROS et al., 2009). Entretanto, o setor tem caminhado para a sua consolidação, mas ainda sofre com a falta de organização e de comunicação entre os segmentos de produção e comercialização. Para o desenvolvimento e a transformação da ovinocaprinocultura como real alternativa econômica dentro da agropecuária nacional, a exemplo de outros setores, o conhecimento dos custos que envolvem a atividade e do resultado econômico são fundamentais.

A atividade produtiva primária é o segmento mais vulnerável da cadeia agroindustrial devido às limitações tecnológicas e gerenciais. Por não conseguir controlar o preço do produto que vende, o produtor necessita administrar as variáveis que estão sob o seu controle. Trata-se de uma estratégia para tornar seu produto competitivo ao obter menores custos de produção. Os custos de produção são variáveis desconhecidas pela imensa maioria dos produtores brasileiros, sendo esse um dos principais pontos de estrangulamento da cadeia, já que essas informações são imprescindíveis para o processo de tomada de decisão (IEL; CNA; SEBRAE, 2000). O seu resultado econômico, em um mercado caracterizado pela concorrência, depende do gerenciamento dos custos de produção e dos ganhos de escala (REIS; MEDEIRO; MONTEIRO, 2001).

Custo de produção representa a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade (CONAB, 2010). Hoffman et al. (1981) definiram custo, para fins de análise econômica, como sendo a compensação que os donos dos fatores de produção (terra, trabalho e capital), utilizados por uma firma para produzir determinado bem,

devem receber para que eles continuem fornecendo esses fatores à mesma. Canziani (1999), por sua vez, considerou ser de importante diferença metodológica o fato de se calcular o custo de produção *a priori*, ou seja, estimar o custo antes de se iniciar o processo produtivo, e a *posteriori* quando realizado após o encerramento do processo produtivo. O autor ressalta que em uma situação *a priori*, as estimativas têm a finalidade de auxiliar na tomada de decisão, na identificação das atividades mais lucrativas ou ainda, servir de embasamento técnico para definições de alguns itens de política agropecuária. Enquanto que a *posteriori* a importância está na identificação da rentabilidade dos sistemas de produção, suas reais causas e consequências, servindo de apoio para o próximo planejamento.

A análise econômica da atividade é de suma importância, pois por meio dela o produtor passa a conhecer com detalhes e a utilizar, de maneira inteligente e econômica os fatores de produção (STIVARI et al., 2013). Dessa forma, localizam-se os pontos de estrangulamento, para depois se concentrar esforços gerenciais e tecnológicos, para obter sucesso na sua atividade e atingir os seus objetivos de maximização de lucros ou minimização de custos (LOPES; CARVALHO, 2002).

Na literatura observa-se que parâmetros zootécnicos são largamente pesquisados e apresentam inúmeras possibilidades combinação entre si para que, durante o período de terminação dos animais, as necessidades nutricionais e a qualidade dos produtos de origem animal sejam asseguradas. Os indicadores produtivos permitem avaliar a eficiência dos diversos manejos adotados na propriedade bem como a eficiência do rebanho em si, como por exemplo, a taxa de fertilidade, a taxa de natalidade, as taxas de mortalidade e a taxa de desfrute por matriz, entre outros. Contudo, o que garante a permanência de produtores na atividade, e a expansão da produção, é o quão lucrativo e rentável a produção é ou pode ser, e para isso entender os parâmetros econômicos é de igual importância. Busca-se produzir com qualidade e com menores custos possíveis a fim de garantir bons resultados econômicos.

Segundo Gameiro (2003) os indicadores econômicos podem apresentar várias utilidades, tanto para funções administrativas de uma empresa, visando auxílio na tomada de decisões específicas, quanto no âmbito macroeconômico para nortear políticas públicas e privadas. Para o desenvolvimento e a transformação da ovinocultura em real alternativa econômica dentro do agronegócio, a exemplo de

outros setores como a bovinocultura e a suinocultura, o conhecimento dos custos que envolvem a atividade são fundamentais.

No curto prazo os custos podem ser divididos entre custos fixos (CF) e variáveis (CV). De acordo com Canziani (2005) os custos variáveis são aqueles que se alteram de acordo com a quantidade de produto produzida e cuja duração é menor ou igual ao ciclo de produção. Em geral, representam as despesas diretas ou explícitas, decorrentes do uso dos capitais circulantes da propriedade e exigem gasto monetário direto, como alimentação dos animais, mão de obra temporária, medicamentos, vacinas, defensivos e adubos para pastagens, transporte, entre outros.

Os custos fixos são aqueles que não variam com a quantidade de produtor produzida e têm duração superior a um ciclo de produção. Dentro do custo fixo pode-se ainda englobar os custos com a depreciação, custos de oportunidade do capital investido, taxas e impostos fixos (CANZIANI, 2005). A depreciação é uma reserva contábil destinada a gerar fundos para a substituição do capital imobilizado em bens produtivos durante a sua vida útil. Trata-se de uma estratégia que a empresa possui de recuperar o bem de capital, repondo-o, quando esse se torna economicamente obsoleto e/ou com problemas para a sua utilização. A soma do custo variável ao custo fixo foi considerada como custo operacional (CO) nesse trabalho. O custo sobre o capital investido representa a oportunidade perdida pelo produtor ao deixar de aplicar o mesmo montante de recursos em outra atividade. Na prática, a base de comparação para o custo de oportunidade do capital, são aplicações tradicionais do mercado financeiro, como a caderneta de poupança, fundos de *commodities*¹³, entre outros. O custo sobre o capital investido engloba o capital investido em terra, benfeitorias, maquinários e implementos agrícolas. O custo total (CT) de produção é a soma do CO ao custo de oportunidade do capital imobilizado.

Depois de contabilizados os custos e conhecendo a receita bruta ou receita total (RT) (preço de venda multiplicado pela quantidade produzida), podem ser calculados indicadores econômicos. Os métodos tradicionais de análise econômica podem ser classificados de acordo com a origem dos dados: (i) métodos baseados

¹³ *Commodities* são produtos comercializados internacionalmente. Exemplo: soja, trigo, suco de laranja congelado, algodão, café, entre outros.

em dados contábeis e (ii) métodos baseados em fluxos de caixa (RODRIGUES, 2010).

Os métodos baseados em dados contábeis referem-se a Demonstração do Resultado do Exercício (DRE). A DRE pode ser elaborada de acordo com a necessidade de avaliação da empresa, mensalmente, semestralmente ou anualmente, por exemplo, ou ainda por ciclos produtivos de etapas de cria (cria, recreia, engorda, terminação) (RODRIGUES, 2010). Dentro da DRE podem ser calculadas então: a Margem Bruta (MB), a Margem Líquida Operacional (MLO), a Margem Líquida (ML) e o Ponto de Equilíbrio (PE).

A MB é constituída a partir da diferença entre a RT e os CV. O resultado demonstrará se a propriedade em análise está cobrindo os gastos correntes com a produção, sem levar em conta os custos fixos. O resultado positivo determinará a sobrevivência da atividade pelo menos em curto prazo (VIANA; SILVEIRA, 2008). A MLO é resultado da diferença entre a RT e o somatório dos CV e CF, sem levar em conta o custo de oportunidade do capital imobilizado. Como por vezes a mensuração do custo de oportunidade do capital imobilizado é de difícil mensuração, devido principalmente ao custo de oportunidade das terras agrícolas que apresentam valorização ao longo do tempo – sendo difícil a sua contabilização, e/ou compreensão por parte dos produtores, o cálculo da MLO pode ser considerada uma alternativa de demonstrativo do resultado econômico da atividade. A ML por sua vez é a medida que expressa o resultado que possibilita verificar se a empresa agrícola remunera todos os custos implícitos na produção, sendo obtida pela diferença entre a RT e o CT, incluindo os custos de oportunidade do capital investido.

O ponto de equilíbrio permite avaliar o quanto é necessário vender mensalmente, por exemplo, em termos de unidades e valores monetários, para que a empresa possa cobrir todos os seus custos de despesas, fixas e variáveis, do período. Ou seja, “o número de unidades vendidas no ponto de equilíbrio é o suficiente para a empresa pagar seus custos, sem gerar lucro nem prejuízo” (WERNKE, 2004, p. 49). O PE permite ao gestor simular a influência de inúmeros fatores produtivos dentro da lucratividade, seja ela da atividade como um todo, como também em relação a cada produto (WERNKE; LEMBECK; PRUDÊNCIO, 2008). Quando o PE é referenciado em valores monetários pode-se chamar de preço de nivelamento, ou seja, é o faturamento mínimo que a empresa tem de atingir para

que não tenha prejuízo, além de apontar o preço mínimo de venda do produto para que as receitas paguem os custos.

Os métodos que se baseiam nas Demonstrações de Fluxo de Caixa (DFC) englobam os recebimentos e os pagamentos durante determinado período de tempo, sendo assim fluxos de entradas e saídas. Segundo Noronha (2003) o fluxo de entrada é composto pelos valores monetários de venda de produtos, subprodutos, valor residual de bens de capital e recursos financeiros de financiamento; e o fluxo de saída compreende despesas de investimento e despesas operacionais. Através da realização do DFC podem ser mensurados outros indicadores econômicos como a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback* simples (PB).

O VPL consiste em transferir, para a data atual, todos os valores gerados pelos sistemas de produção. Para comparação dos valores em datas diversas os dados são transformados estabelecendo-se uma taxa de desconto que permite trazer os valores de diferentes datas para uma só. O VPL é o transporte para a data zero de um diagrama de todos os fluxos de caixa, de todos os recebimentos e desembolsos esperados descontados à uma taxa de desconto considerada (SILVA, 2003). O VPL de um projeto de investimento pode ser definido como a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos. O projeto que apresenta o VPL maior que zero (positivo) é economicamente viável, sendo considerado superior aquele que apresentar maior VPL.

A fórmula do cálculo do VPL é:

$$VPL = \sum_{t=0}^n L_t / (1 + \rho)^t = \frac{L_0}{(1 + \rho)^0} + \frac{L_1}{(1 + \rho)^1} + \frac{L_2}{(1 + \rho)^2} + \dots + \frac{L_n}{(1 + \rho)^n} \quad (01)$$

Sendo:

L = fluxo de caixa líquido conforme o mês (0,1, 2, 3,... , n);

t = mês (0, 1, 2, 3, ..., n);

ρ = taxa de desconto.

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas dos fluxos de caixa ao investimento inicial, referente a um investimento ou projeto (GITMAN, 1997). Em outras palavras, é a taxa de desconto que torna o VPL igual a zero. É através desta que “aceita-se” ou “rejeita-se” o projeto que poderá garantir os

rendimentos mínimos esperados da empresa. Para que um projeto/investimento seja viável, a TIR deve ser superior à taxa de juros do mercado. A vantagem de utilizar a TIR está no fato de ser uma taxa de juros facilmente comparável a quaisquer taxa de juros de mercado em qualquer período (GUIMARÃES; CANZIANI, 2004), sendo a mais utilizada em análises de investimento (GITMAN, 1997).

Ao utilizar a TIR como indicador de rentabilidade, espera-se que a mesma seja igual ou superior à taxa de desconto de mercado, sendo a Caderneta de Poupança a referência de comparação neste estudo; e essa taxa positiva indica que o capital investido na atividade é recuperado e o saldo disponível a cada ano rende juros iguais à TIR (GUIMARÃES; CANZIANI, 2004).

O *Payback* é definido por Gitman (1997) como o período de tempo necessário para recuperar o que foi investido, ou seja, é o período de tempo necessário para que os lucros de um investimento consigam cobrir o capital aplicado. Ao analisar o *payback*, a melhor alternativa de investimento é aquela onde o tempo de retorno do capital investido é menor (KUHNEN; BAUER, 1996). Há duas formas de se calcular o *payback*, o simples e o descontado, sendo a diferença entre eles é que o *payback* descontado leva em consideração o dinheiro no tempo. Nesse estudo foi utilizado o *payback* simples, por ser um método rápido, prático e de simples compreensão.

Através do estudo detalhado dos fatores que permeiam e influenciam o custo e rentabilidade da atividade é possível identificar gargalos para otimização dos recursos empregados. O gerenciamento de projetos¹⁴ é uma atividade de tamanha complexidade que não há como se abrir mão de instrumentos de tomada de decisão, baseados em um método científico (WILLIANS, 2003). Essa visão tem sido uma tendência nos últimos vinte anos (IJPM, 2010). Nesse contexto, a Pesquisa Operacional tem contribuído de maneira relevante na criação de tais instrumentos de tomada de decisão (TAVARES, 2002; WILLIANS, 2003). Para Leal e Oliveira (2011), a Simulação vem sendo percebida como uma das mais confiáveis ferramentas para se gerenciar um projeto e, diferentemente do que se poderia pensar, o seu uso no

¹⁴ O Gerenciamento de Projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos (conjunto de atividades temporárias, ou seja, que tem um início e fim definidos no tempo, realizadas em grupo, destinadas a produzir um produto, serviço ou resultado únicos) de forma efetiva e eficaz. Trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio – e, assim, melhor competir em seus mercados (PMI, 2016).

gerenciamento de projetos é um assunto bastante antigo. Essa percepção surge da capacidade da metodologia em modelar as várias aleatoriedades envolvidas em um projeto (LEE, 2005), sendo aplicada em projeto que utilizam a SED, a Simulação Híbrida e a Simulação Virtual (JAHANGIRIAN et al., 2010; LEAL; OLIVEIRA, 2011).

A sobrevivência de qualquer empreendimento atualmente está intimamente vinculada ao conceito de aproveitar as oportunidades dentro de um espectro de incertezas (MARÇAL, 2014). Dentro de um empreendimento agropecuário existem muitas incertezas e riscos, alguns de cunho zootécnico outros de níveis gerenciais e de mercados. Realizar análises de risco dentro da atividade pecuária pode ser o diferencial dentro de um mercado tão competitivo, onde não se controla preços apenas custos.

Para Frank Knight (1921) risco implica conhecimento com probabilidades (mensurável), caso contrário é desconhecimento ou incerteza em sentido restrito. Para Marçal (2014) quantificar o risco significa determinar os possíveis valores que uma determinada variável possa assumir e as possibilidades relativas a cada valor, o que demanda conhecimentos específicos de um profissional especialista. O que torna a gestão de riscos tão importante são diversos fatores que vão além da competitividade e as condições econômicas. O avanço tecnológico pode fazer com que os riscos assumam proporções difíceis de controlar (MARÇAL, 2014). Nas situações reais nem sempre é possível fazer experimentos para avaliar os possíveis cenários e os riscos envolvidos, isso demandaria muitos recursos financeiros e de tempo. A junção das metodologias de análise econômica associadas às metodologias de simulação computacional pode ser a resposta.

Assim, o presente estudo objetiva apresentar uma opção de gerenciamento e planejamento para a ovinocultura, levando em conta não apenas a rentabilidade financeira dentro de um único ciclo produtivo, mas também na sustentabilidade financeira do projeto a longo prazo. Por se tratar de um ambiente virtual, livre de riscos, é possível desenvolver infinitos cenários, permitindo com que o risco real na escolha de uma tecnologia, por exemplo, seja reduzido ou bem conhecido ao ponto de poder se antever e predizer seus impactos – positivos ou não. E, com isto, mostrar aos produtores e técnicos a importância de se adotar uma postura empresarial da atividade e para só assim atingir a excelência na produção.

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

A simulação é definida segundo Harrell e Bateman (2002) como um processo de experimentação sobre um modelo simplificado de um sistema real e tem sua metodologia amplamente difundida. As principais fontes sobre o assunto são os textos clássicos de Banks e Carson (1984); Pegden, Shannon e Sadowski (1991) e Law e Kelton (1991), que foram compilados por Freitas Filho (2008), e seguido como princípio metodológico no presente estudo. De acordo com Montevechi et al. (2010) todo estudo de simulação possui três grandes etapas: Concepção, Implementação e Análise (Figura 3, p. 44). Cada etapa possui passos distintos a serem respeitados e que serão descritos a seguir.

4.1 CONCEPÇÃO

A etapa de concepção inicia-se com a formulação e análise do problema, onde os propósitos e objetivos necessitam ser claramente definidos. Segundo Pereira, Montevechi e Miranda (2013) esta é a etapa mais trabalhosa e requer maior atenção, para que a construção do modelo conceitual represente fielmente o sistema que será simulado.

De acordo com Freitas Filho (2008) ao formular o problema algumas questões devem ser respondidas, como: Por que o problema está sendo estudado? Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar? Quais são os critérios para avaliação da performance do sistema? Quais são as hipóteses e prerrogativas? E, que restrições e limites são esperados das soluções obtidas? (Quadro 2).

Quadro 2 – Questionamentos levantados durante a fase de Concepção do modelo de simulação

Questões	Respostas
Por que o problema está sendo estudado?	O uso de modelos de simulação, que incorporem o risco e a probabilidade dentro produção animal, pode ser uma alternativa tanto técnica – auxiliando na tomada de decisão, gestão e planejamento pecuário; quanto científica – permitindo a avaliação de efeitos de resultados da pesquisa e identificação de limitantes que podem incentivar o desenvolvimento de pesquisas futuras. Definir padrões tecnológicos que melhor se encaixem ao perfil do produtor, à aptidão da fazenda, à uma região, é importante e o uso de modelos computacionais pode contribuir no sentido de conhecer os resultados possíveis e a viabilidade econômico-financeira das diferentes combinações tecnológicas disponíveis para cada realidade.
Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar?	Espera-se que o modelo de simulação permita a visualização a mais fidedigna possível do impacto econômico-financeiro dos manejos e índices zootécnicos mensurados.
Quais são os critérios para avaliação da performance do sistema?	O modelo será validado e verificado através da proposta de Sargent (2010) utilizando da técnica de "face a face", no qual o modelo é apresentado aos especialistas da área e indagado sobre o modelo e seu comportamento comparados com o sistema real.
Quais são as hipóteses e prerrogativas?	Acredita-se que o modelo permitirá o mapeamento dos coeficientes técnicos e econômicos de um sistema de produção de ovinos de corte, podendo ser estabelecidos os índices zootécnicos e os manejos de rebanho que mais influenciam economicamente o sistema.
Quais as restrições e limites esperados das soluções obtidas?	Entende-se que as respostas obtidas pelo modelo não serão passíveis de transcrição integral a toda cadeia produtiva de ovinos, pois cada modelo de simulação remete a uma realidade específica. O Brasil possui diversos biomas em toda a sua extensão territorial, assim, simular uma propriedade comercial em determinado bioma não nos permite fazer a sua transcrição na íntegra, visto as inúmeras alterações passíveis desde solo, clima, raças adaptadas, disponibilidade de alimentos, entre outros. Entretanto, a lógica da simulação, a estrutura do modelo em si, não se altera, cabendo a adequação do banco de dados e dos detalhes específicos do sistema produtivo, como fatores limitantes para a sua extrapolação.

Fonte: as questões foram adaptadas de Freitas Filho (2008).

Respondidas as questões, os próximos passos de Concepção do modelo são o planejamento do projeto, a formulação do modelo conceitual e a coleta de macroinformações. Para melhor visualização cada etapa dentro da fase de Concepção será apresentada individualmente.

4.1.1 Planejamento do projeto

A etapa de planejamento do projeto remete a indagações básicas onde pretende-se ter certeza de que se possuem recursos suficientes no que diz respeito a pessoal, suporte, gerência, *hardware* e *software* para a realização do trabalho proposto (FREITAS FILHO, 2008). Além disso, o planejamento deve incluir uma descrição dos vários cenários que serão investigados.

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal (LAE/FMVZ/USP), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), na Universidade de São Paulo (USP), com a cooperação do Laboratório de Pesquisa e Produção de Ovinos e Caprinos (LAPOC/UFPR), da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos dos registros históricos, entre os anos de 1999 a 2013, de manejo do rebanho e das pesquisas realizadas com o rebanho ovino do LAPOC/UFPR. O *software* eleito para o desenvolvimento do modelo foi o AnyLogic® versão 7 licença estudantil.

Dentre os trabalhos desenvolvidos no LAPOC/UFPR alguns em especial buscaram elaborar análises econômico-financeiras da produção de ovinos, alimentados em pastagem e/ou confinamento, englobando todos os custos de um sistema completo de produção de ovinos (BARROS, 2008; STIVARI, 2012). De acordo com os trabalhos publicados por Barros et al. (2009a,b); Kowalski et al. (2013) e Stivari et al. (2013), dentre todos os sistemas já estudados no LAPOC/UFPR, o sistema que adota a terminação de cordeiros de corte em pastagem e sem a realização do desmame permitiu melhores resultados econômicos. Tal sistema foi o adotado neste trabalho.

A propriedade modelada seguiu os padrões do LAPOC/UFPR, localizado em Pinhais, Paraná (25°25'S, 49°8'W, 930 m altitude). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, de textura argilosa, com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999). O clima é do tipo Cfb, classificação de Köppen, que corresponde ao clima subtropical úmido (mesotérmico). As forrageiras utilizadas foram o Tifton-85 (*Cynodon* sp.) no verão e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no inverno, em sistema de pastejo contínuo com oferta de 12% do peso corporal (PC) dos animais em matéria verde de forragem.dia⁻¹, seguindo as recomendações do *National Research Council – NRC* (2007). Detalhes do sistema serão explorados no modelo conceitual apresentado no próximo item deste capítulo.

Os dados para a realização da análise econômico-financeira foram oriundos das planilhas de análise de custo e rentabilidade desenvolvida durante o mestrado da autora (STIVARI, 2012) e atualizados para dezembro de 2015. Tal decisão foi baseada na similaridade entre os dados de entrada de ambos os modelos e por ambos terem sido desenvolvidos para a realidade do LAPOC/UFPR.

Os modelos de simulação que realizam testes de diferentes alternativas para um mesmo sistema são chamados de cenários (COSTHEK, 2008). O objetivo da sua

realização é a de comparar o desempenho de todos os cenários entre si e com a situação original, de modo a constatar qual é a melhor opção, ou opções, de melhoria. Os cenários propostos para avaliar o impacto econômico e da evolução do rebanho do sistema de produção de ovinos de corte estão dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Descrição dos cenários estudados

(Continua)

Cenários		Descrição dos cenários estudados	Motivação
E ₁	Experimentos base	Ciclo produtivo de um ano	Avaliar economicamente um sistema produtivo de ovinos de corte e sistema de terminação a pasto e sem desmame.
E ₂		Estabilização do rebanho	Avaliar economicamente a evolução do rebanho até a sua estabilização.
E ₁ C ₁	Cenários	Matrizes e borregas	Avaliar economicamente o impacto da presença do estro das matrizes e borregas.
E ₁ C ₂			Avaliar economicamente o impacto da fertilidade das matrizes e borregas.
E ₁ C ₃			Avaliar economicamente o impacto da taxa de serviço do macho durante a monta.
E ₁ C ₄			Avaliar economicamente o impacto da seleção de matrizes com menor incidência de parto simples.
E ₁ C ₅			Avaliar economicamente o impacto da taxa de aborto.
E ₁ C ₆		Cordeiros	Avaliar economicamente o impacto do nascimento de cordeiros mortos ou que morrem nas primeiras horas de vida.
E ₁ C ₇			Avaliar economicamente o impacto do manejo do recém-nascido nos primeiros cinco dias de vida.
E ₁ C ₈			Avaliar economicamente o impacto da morte de cordeiros durante a fase lactacional.
E ₁ C ₉			Avaliar economicamente o impacto da morte de cordeiros durante a terminação.
E ₁ C ₁₀		Manejo	Avaliar economicamente o impacto de não descartar a matriz que atingiu a sua vida útil, reduzindo assim o número de borregas no rebanho.
E ₁ C ₁₁			Avaliar economicamente o impacto de não descartar matrizes que não ficaram gestantes por dois anos consecutivos.

(conclusão)

Cenários			Descrição dos cenários estudados	Motivação
E ₁ C ₁₂	Cenários	Manejo	Aumento / Redução no ganho médio de peso diário	Avaliar economicamente o impacto do ganho médio de peso diário dos cordeiros em fase de terminação.
E ₂ C ₁		Evolução do rebanho	Alteração do número de matrizes inicial	Avaliar economicamente o impacto do número inicial de matrizes na evolução e estabilização do rebanho comercial.
E ₂ C ₂			Alteração nos critérios de descarte de matriz por idade e infertilidade	Avaliar economicamente o impacto de não se descartar animais mais velhos, mas férteis, no rebanho, e avaliar o impacto de manter animais inférteis no rebanho.

Foram elaborados dois experimentos base: o Experimento 1 (E₁) refere-se à avaliações estáticas anuais do sistema produtivo, não considera a evolução temporal nas análises; e o Experimento 2 (E₂) refere-se à avaliação dinâmica da evolução do rebanho até a sua estabilização, considerando o aspecto temporal no momento da análise. Para o Experimento 1 foram delineados 12 cenários (E₁C₁ a E₁C₁₂) independentes, ou seja, a alteração de uma variável não implica em alteração de outra variável. Para o experimento 1 propôs-se a elaboração dos cenários alterando-se valores de índices zootécnicos das matrizes e borregas (E₁C₁ a E₁C₅), índices zootécnicos dos cordeiros (E₁C₆ a E₁C₉) e alteração de alguns critérios de manejo (E₁C₁₀ a E₁C₁₂). Para o Experimento 2 propôs-se a elaboração de dois cenários nos quais foram avaliados o impacto do tamanho inicial do rebanho (E₂C₁) e a influência dos critérios de manejo de descarte de matrizes (E₂C₂) em relação à evolução e estabilização do rebanho comercial. Os intervalos simulados seguiram o observado no LAPOC/UFPR e, quando não disponíveis, foram baseados em relatos científicos e/ou na experiência de pesquisadores da área consultados.

As propostas de alterações supracitadas tiveram por objetivo avaliar o comportamento da evolução do rebanho e o impacto na rentabilidade financeira do sistema de produção de ovinos de corte. Procurou-se investigar quais alterações a níveis zootécnicos e de manejo permitem maiores incrementos de rentabilidade e expressividade na evolução do rebanho.

4.1.2 Construção do modelo conceitual

Definidos os objetivos e o sistema a ser estudado, a principal ocorrência, ainda na primeira fase, é a elaboração do modelo conceitual. O modelo conceitual consiste em traçar um esboço do sistema de forma gráfica (fluxograma, por exemplo) ou algorítmica (pseudocódigo), definindo componentes, descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema (FREITAS FILHO, 2008). O modelo conceitual auxilia na coleta dos dados indicando os pontos a serem coletados e agilizando a criação do modelo computacional (SILVA et al., 2015). Freitas Filho (2008) recomenda que o modelo inicie de forma simples e ganhe complexidade com o tempo, para que todas as suas peculiaridades e características sejam contempladas.

O modelo conceitual foi então elaborado para uma propriedade de 30 hectares (ha) em sistema de produção de terminação de cordeiros em pastagem de Tifton-85 (*Cynodon* sp.) sobressemeada com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). O tamanho da área foi pré-fixado de acordo com o observado no Censo Agropecuário de 2006 para o estado do Paraná (IBGE, 2009). Das 15.960 propriedades rurais, 60,2% possuem menos de 50 ha e 22,1% possuem entre 20 e 50 ha. Para o modelo optou-se em adotar o valor médio de 30 ha referente a dois módulos fiscais (IAP, 2016), configurando uma pequena propriedade. Dos 30 ha foram separadas as áreas de reserva legal (20% da área total), reserva permanente (5% da área total), área ocupada com benfeitorias (0,04 ha) e área de pastagem para os machos (1 ha), totalizando assim 23 ha de área disponível para pastagem das matrizes.

Dentro do limite de espaço físico analisou-se a carga animal máxima que a pastagem poderia suportar durante o pico de produção de animais para terminação. Para a realização do cálculo utilizou-se dados de pastagem de experimento já realizado pelo LAPOC/UFPR para o sistema de terminação à pasto e sem suplementação (STIVARI, 2012). A fórmula de cálculo é apresentada a seguir:

$$CA = \frac{[(\text{Taxa de acúmulo MS} \times n^\circ \text{ dias}) + \text{massa de forragem}]/n^\circ \text{ dias}}{\text{Oferta pretendida}} \quad (02)$$

Onde,

CA: Carga animal suportada por ha (kg de peso vivo/ha);

Taxa de acúmulo de matéria seca (MS): 77,85 kg de matéria seca/ha;

Nº: número de dias observados: 21 dias;

Massa de forragem real: 3.247 kg de matéria verde/ha;

Oferta pretendida: 12%;

Para contabilização no número máximo de matrizes utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Número máximo de matrizes} = \left\lceil \frac{(\text{carga animal por ha} \times \text{área total})}{\text{unidade animal}} \right\rceil \quad (03)$$

Onde,

Unidade animal: adotou-se os pesos médio da ovelha (83 kg) e da cria ao abate (40 kg), somando-se 123 kg.

Sabe-se que a produção de forragem durante o ano não é constante e que a incidência de parto duplo é uma realidade na ovinocultura. Desse modo, para que fosse possível acrescentar essas variações, optou-se em estipular em 400 o número limite de matrizes para o modelo. Esse número também vai de encontro com o estipulado por Stott et al. (2005) e Toro-Mujica et al. (2011), como ideal para cada unidade de mão-de-obra, ou seja, um funcionário para 400 matrizes sem que haja prejuízo no bem-estar do trabalhador e condizente com propriedades de nível médio de tecnologia.

A seguir é apresentado o fluxograma do modelo conceitual (Figura 6). Linhas contínuas no sentido horizontal correspondem a ações afirmativas. Linhas lisas no sentido vertical correspondem a ações cuja resposta para a pergunta foi “não”. Linhas pontilhadas correspondem a *inputs* (dados de entrada) ou *outputs* (dados de saída) de um processo ou do agente. Cada elemento no formato de retângulo corresponde a um processo e os elementos no formato de losango a uma tomada de decisão. Os elementos na forma de cilindro remetem aos *inputs*; e os elementos na forma de “folha de papel”, aos *outputs*. Os blocos foram agrupados em cinco principais processos: flushing, estação de monta, gestação, lactação e terminação.

Figura 6 – Modelo conceitual do sistema híbrido de produção de ovinos de corte desenvolvido utilizando a metodologia da simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos

As matrizes e reprodutores foram modelados como os agentes do modelo. A princípio o modelo conta com a criação de 50 matrizes e dois reprodutores, para assegurar a proporção macho:fêmea de 1:50, e tem o seu fim atribuído ao atingir o número de 400 matrizes. À medida que o modelo progride no tempo o rebanho aumenta em número e então, há necessidade de se ter mais reprodutores. As matrizes assim que criadas ganham atributos individuais quanto à idade, condição de escore corporal¹⁵ (ECC), grau Famacha¹⁶ e peso. O estado fisiológico inicial da matriz no modelo é o da “manutença”, ou seja, não estariam em desenvolvimento corporal, ganho de peso ou em fase reprodutiva. Os valores, as distribuições e as justificativas dos parâmetros adotados no modelo serão detalhados no capítulo seguinte, após a descrição do modelo conceitual.

Realizadas as atribuições iniciais o modelo, identificam-se as matrizes com grau Famacha elevado, contabilizando o custo com anti-helmínticos, e identificam-se as matrizes com ECC baixo e as redirecionam para o *flushing*¹⁷ por 30 dias. A literatura relata o efeito positivo do *flushing* de ovelhas durante o período reprodutivo (CATUNDA, 2011; SANTOS et al., 2011). Todavia, está claramente descrito que essa suplementação é positiva apenas para ovelhas que apresentam baixo ECC no início da estação reprodutiva (BOUCINHAS; SIQUEIRA; MAESTÁ, 2006; GOTTARDI et al., 2014). Tal manejo tem por objetivo promover melhor condição alimentar as matrizes, a fim de auxiliar na recuperação do escore corporal para o período de monta e proporcionar melhores taxas de ovulação. Nesta etapa são contabilizados também os custos da suplementação por animal.

¹⁵ O método de avaliação do escore de condição corporal (ECC) em ovinos foi desenvolvido por Russel, Doney e Gunn (1969) na Inglaterra, baseia-se na palpação da região dorsal da coluna vertebral dos animais. O ECC reflete a quantidade de tecido muscular e adiposo armazenado no corpo do animal em determinado momento do seu ciclo produtivo/reprodutivo (CEZAR; SOUSA, 2006). O ECC varia entre 1 e 5, animal muito magro e animal muito gordo, respectivamente, podendo variar em intervalos de 0,5 (PEREIRA NETO, 2003).

¹⁶ O método Famacha (Faffa Malan Chart) desenvolvido na África do Sul é uma ferramenta que permite identificar os ovinos capazes de suportar uma infestação por nematódeos hematófagos (VAN WYK; BATH, 2002; MOLENTO; VERÍSSIMO, 2003; MOLENTO et al., 2004). O método pontua os animais de acordo com o grau de anemia devido a infecção parasitária – observador pela coloração da mucosa ocular, em uma escala de um a cinco, em que um corresponde à ausência de anemia e cinco à quadro severo de anemia (MOLENTO et al., 2004).

¹⁷ Alimentação suplementar fornecida aos animais com o intuito de melhorar o escore corporal e, consequentemente aumentar a taxa de concepção, de ovulação e a sobrevivência embrionária (BOUCINHAS; SIQUEIRA; MAESTÁ, 2006).

Após o período de *flushing* todas as matrizes entram na estação de monta. Nesta fase a modelagem é estritamente baseada em agentes, onde os reprodutores possuem comportamento específico na monta, ou seja, foi estipulado que o reprodutor só seria capaz de copular com a matriz caso a mesma apresentasse cio, sendo que o número de coberturas total diário foi limitado, porém não limitado o número de coberturas na mesma matriz. A taxa de cobertura foi responsável pela expressão ou não do cio na matriz e foi diferenciada entre matrizes e borregas. Considerou-se a utilização de monta natural, ou seja, sem a utilização de fármacos regulatórios de estro, e o tempo de estação de monta foi estipulado em 45 dias. As matrizes que não fossem cobertas eram direcionadas para o repasse por mais 15 dias. A data da cobertura neste momento é de fundamental importância para o desenvolvimento do modelo, pois eventos futuros são integralmente dependentes do período gestacional da matriz.

Terminado o repasse, contabilizou-se 30 dias no cronograma do modelo e então foi realizado o diagnóstico de gestação, contabilizando os custos com mão de obra especializada. A distribuição da confirmação ou não da prenhez foi realizada de forma aleatória de acordo com os registros de fertilidade e diferenciada para matrizes e borregas (ovelhas jovens). Fêmeas que não forem identificadas como gestantes recebem atributo de infertilidade e um marcador de data. O marcador de data serviu para identificar a ocorrência de infertilidade em dois anos consecutivos, critério este estabelecido aqui como fator de descarte da matriz. Matrizes com esse perfil são identificadas, separadas do lote e esperam até o momento do descarte. Caso não ocorra dessa maneira, a matriz é realocada ao rebanho de manutenção e aguarda o final do ciclo produtivo até a próxima estação de monta, tendo seus custos contabilizados.

Para as matrizes que apresentarem prenhez positiva foi então atribuído o período gestacional e a matriz entra então em *delay*, ou seja, em modo de espera no modelo até que seja identificado 120 dias corridos do início da estação de monta. Após os 120 dias corridos da monta as matrizes são direcionadas a suplementação, por ser o período de maior desenvolvimento fetal e requerimento energético por parte da matriz, incorporando-se o custo adicional com alimento suplementar¹⁸.

¹⁸ 300g de concentrado (16% de proteína bruta – PB; 74% nutrientes digestíveis totais – NDT na matéria seca – MS) acrescidos de 2,4 kg de silagem de milho por ovelha.dia-1 (STIVARI, 2012).

Nesta fase foi estipulada a possibilidade ou não da matriz entrar em toxemia gestacional e concomitante óbito.

Nessa fase gestacional foi também atribuído, de acordo com os achados estatísticos do banco de dados, outro grau Famacha para as matrizes. Matrizes com alto Famacha computam o custo adicional com vermífugo e lhes é adicionado um marcador de grau Famacha elevado, que, caso se mantenha também elevado durante a lactação, servirá de critério de descarte da matriz ao final do ano.

As matrizes permanecem em suplementação até atingirem 150 dias de gestação e então entram na estação de parição. Nessa fase foi modelada a probabilidade de aborto, necessidade de auxílio ao parto, possibilidade ou não de óbito da matriz durante o parto, a probabilidade de desenvolver quadro de mastite e a probabilidade da matriz eventualmente não parir. Para as matrizes paridas adiciona-se o atributo “em lactação”, sorteia-se o número de cordeiros nascidos por matriz simples (um cordeiro) ou gemelar (dois cordeiros) e o sexo dos mesmos. Nessa etapa é atribuído o peso ao nascer dos cordeiros de acordo com o tipo de parto e sexo (macho ou fêmea). A seguir sorteia-se a possibilidade ou não de cordeiros natimortos. Cada cordeiro corresponde a um novo agente no sistema, que segue no fluxo do modelo separadamente da matriz. Para cada cordeiro nascido é sorteada a probabilidade de vir a óbito nos primeiros cinco dias de vida.

Os cordeiros e cordeiras recebem um atributo de ganho de peso, condizente com o tipo de parto e sexo, para a fase de lactação exclusiva. É computada também a primeira dose de vacina para clostridiose. As clostridioses são o grupo de infecções e intoxicações, frequentemente fatais, causadas por bactérias anaeróbias do gênero *Clostridium*. Apesar de conhecidas há tempos, ainda representam alto risco para as criações de ovinos e caprinos, por causa das grandes perdas econômicas e dos problemas de ordem sanitária que acarretam (SMITH; SHERMAN, 1994; MCCLANE et al., 2004). Assim, adotou-se como manejo essencial de rebanho e seu custo foi contabilizado.

Os cordeiros (as) lactentes, ou seja, em fase de lactação, permanecem com o atributo específico de ganho médio de peso diário (GPD) para essa fase, até atingirem 18 kg. Após esse período o GPD dos cordeiros passa a ser condizente com a fase de terminação, sendo específico para cada sexo. Os cordeiros machos são todos direcionados para o abate e são avaliados diariamente se atingiram ou não a meta de peso de abate.

As cordeiras por sua vez são mantidas em fase de terminação até atingirem o peso de abate; porém, ao atingirem esse peso é verificado no modelo se o rebanho já se encontra no seu limite máximo – 400 matrizes. Enquanto o rebanho não se estabiliza as cordeiras são direcionadas para a reposição e aumento do rebanho, sendo direcionadas para outro *looping* de ganho de peso e ali permanecem até atingirem 70% do peso adulto – peso este praticado no LAPOC/UFPR como fator decisório para a borrega estar apta a reproduzir. Após a estabilização do rebanho as cordeiras nascidas são separadas de acordo com a necessidade de reposição do rebanho e o excedente vendido como animal para abate.

Um fator de destaque nessa fase de terminação dos cordeiros (as) está relacionado com a mortalidade. Visto que o sistema de terminação delineado compreende à terminação a pasto e sem desmame realizado no LAPOC/UFPR, a probabilidade de ocorrência de mortes na terminação seguiu os mesmos observados nos experimentos a campo. O número de cordeiros produzidos irá permitir a geração de receita que, juntamente com a venda de animais de descarte, serão utilizados para o cálculo da rentabilidade e sustentabilidade econômica da atividade.

Após o período de terminação dos cordeiros as mães são liberadas, após verificação do Famacha, a fim de averiguar a resiliência das mesmas, e entram em estado de manutenção até um próximo ciclo reprodutivo. As cordeiras se mantêm ganhando peso, onde passam de cordeiras para borregas após 40 kg. Quando o ano se finda todas as matrizes e borregas estão em fase de manutenção. Antes da realização da próxima estação de monta é verificada se a idade da matriz é superior a seis anos, seu histórico de infertilidade consecutiva, histórico de perda embrionária consecutiva, histórico de grau Famacha alto persistente, ocorrência de mastite e ocorrência de aborto. Se positivo para algum desses critérios, a matriz é descartada e sai do rebanho, tendo seus custos e receita computados.

O modelo conceitual foi validado por especialistas da área utilizando a técnica do “face a face”, sugerida por Sargent (2010) no qual o modelo é apresentado a indivíduos com conhecimento sobre o sistema e indagado sobre o modelo e seu comportamento comparado com o sistema real. O modelo conceitual passou por diversas alterações e a cada alteração foi atribuída uma nova validação por especialistas até a sua consolidação e validação final.

4.1.3 Modelagem dos dados de entrada

Macroinformações são fatos, informações e estatísticas fundamentais, derivados de observações, experiências pessoais ou de arquivos históricos (FREITAS FILHO, 2008) que serviram para alimentar o modelo, constituindo-se de um importante passo antes da fase de implementação do modelo. Segundo Freitas Filho (2008) para que um modelo possa criar uma história artificial do sistema real é fundamental que este traga consigo a possibilidade de representar até mesmo um comportamento estocástico¹⁹. Em modelos de simulação isso é possível de ser alcançado quando utilizadas as distribuições de probabilidades, como forma de representar a ocorrência dos eventos aleatórios.

Desse modo, para a realização dessa tese foram coletados dados históricos de manejo de rebanho do LAPOC/UFPR no período de 1999 a 2013. O rebanho LAPOC/UFPR até a data de análise (2013) era composto em sua maioria por animais da raça Suffolk, Santa Inês, White Dorper e mestiços (cruzamentos de Santa Inês com Suffolk e Suffolk com White Dorper). A raça Santa Inês possui características muito diferentes da raça Suffolk, como índices produtivos (CUNHA et al., 2000; FERNANDES et al., 2007; COSTA et al., 2012), sanitários (MORAES et al., 2000; BUENO et al., 2002; AMARANTE et al., 2004), entre outros, e ao longo dos anos seu rebanho foi reduzido no LAPOC/UFPR. Da mesma forma os animais da raça White Dorper, introduzidos no rebanho a partir de 2011, também possuem características zootécnicas diferentes em relação aos animais Suffolk (SNOWDER; DUCKETT, 2002; ROSANOVA; SILVA SOBRINHO; GONZAGA NETO, 2005). Assim, optou-se em utilizar as informações apenas dos animais da raça Suffolk e mestiços (½ sangue Suffolk com animais sem raça definida, SRD).

Primeiramente compilaram-se todos os dados por ano e por atividade (estação de nascimento, monta, diagnóstico de gestação, avaliações rotineiras de rebanho e desempenho dos cordeiros), totalizando um banco de dados com aproximadamente 140 mil informações. Com essas informações foram realizadas as

¹⁹ Métodos de simulação estocástica são procedimentos que envolvem a geração de números aleatórios com o objetivo de explorar o espaço de incerteza ou campo de possibilidades de um dado fenômeno físico ou qualquer outro tipo de variável de estudo cujo comportamento possa ser quantificado matematicamente (PRODAN; PRODAN, 2001).

análises descritivas dos mesmos a fim de identificar possíveis interações e/ou incongruências. Posteriormente foram então geradas as distribuições, frequências e devidas análises estatísticas, através dos programas Minitab (versão 16.1) e Excel (versão 2013). A seguir serão apresentados os dados de entrada do modelo (*Inputs*).

4.1.3.1. Idade das matrizes

Para estimar um rebanho comercial em produção estipulou-se que no primeiro ano produtivo todas as matrizes teriam as idades sorteadas aleatoriamente entre um a seis anos, uma única vez. A decisão de realizar esse sorteio inicial foi tomada para que o rebanho possuísse uma característica heterogênea, como é comumente visto nas propriedades comerciais de ovinos de corte.

De acordo com Moraes (2008) a estrutura de idade do rebanho pode afetar a eficiência reprodutiva, devido à presença de maiores taxas de mortalidade de cordeiros entre os grupos de idade extremas (2 anos e >6 anos). O autor sugere que, para uma melhor composição etária dos rebanhos, seja feita a manutenção das ovelhas até o sexto ano. Os dados do LAPOC/UFPR corroboram com o proposto por Moraes (2008) e demonstraram haver significativa queda no número dos animais com mais de seis partos em relação aos animais de sete partos (65%). Assim, adotou-se como idade limite de sete anos para a permanência da ovelha no rebanho, após esse período a ovelha foi descartada.

4.1.3.2. Peso dos animais adultos

Para estimar o peso da matriz, primeiramente estipulou-se a média de peso por animal, para só então realizar a estatística descritiva do peso da amostra, visto que o número de observações por matriz era diferente. A amostra apresentou ser

homogênea²⁰ ($P=0,520$) e aderente à distribuição triangular ($P=0,409$), para o teste de Qui-quadrado a 5% de significância, para o período de manutenção (Figura 7).

Figura 7 – Histograma e estatística descritiva do peso das matrizes para o período da manutenção (KGMAT) (A) e sua respectiva distribuição de probabilidade (B)

Distribuição: Triangular / Erro padrão: 0,006527 / Teste do Qui-quadrado (X^2): $P=0,409$
 Fonte: A – dados da pesquisa gerados através do software Minitab® versão 16; B – dados da pesquisa gerados através do pacote estatístico *Input Analyser*®, do software Arena®, versão 14.7.
 Legenda: KGMAT – peso da matriz; PER – período fisiológico.

Para os reprodutores optou-se por utilizar apenas o peso médio observado, visto que o banco de dados não possuía n amostral significativo. Ao se trabalhar com números contínuos é comum os dados não apresentarem apenas uma moda. Como a distribuição triangular necessita desse valor, e para efeitos de cálculo, utilizou-se a fórmula proposta por Freitas Filho (2008, p.190):

$$\text{Moda (Mo)} = 3 \bar{x} - (x_{\min} + x_{\max}) \quad (04)$$

²⁰ O valor de P remete a probabilidade de um parâmetro dentro de uma amostra. Dada uma hipótese H_0 , onde a variável aleatória X segue a distribuição sob hipótese com os parâmetros estimados, e um conjunto de dados amostrais, o valor de P reflete a plausibilidade de se obter tais resultados no caso de H_0 ser, de fato, verdadeira. Assim, se o valor de p for “grande” (maior que 0,05, para o presente estudo), existe uma grande possibilidade de o atual conjunto de dados ser apropriado ao ajuste realizado. Por outro lado, se o valor de P for “pequeno” (menor que 0,05, para o presente estudo), é provável que seja possível a obtenção de melhores resultados para o processo de aderência, caso um novo conjunto de dados possa ser obtido e utilizado (FREITAS FILHO, 2008, p. 207).

Os valores de peso e a distribuição adotada no modelo estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores da variável Peso de matrizes e reprodutores em manutenção utilizados no modelo

Categoria e período	<i>n</i>	Média (kg)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)	Moda ¹ (kg)	DP (kg)	CV (%)	Distribuição	P
Matriz - manutenção	213	83,883	62,417	105,140	84,092	8,902	10,6	Triangular	0,409
Reprodutor	5	106,720	-	-	-	12,320	11,54	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

n: tamanho da amostra; DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação. ¹A moda foi calculada de acordo com Freitas Filho (2008, p.190). Valor de P calculado para a aderência das distribuições de acordo com o teste do Qui-quadrado à 5% de significância.

4.1.3.3. Famacha e Escore de Condição Corporal

O monitoramento do escore de condição corporal (ECC) dos rebanhos auxilia na busca de resultados favoráveis à eficiência reprodutiva e produtiva em ovinos (SOARES; WOMMER; HASTENPFLUG, 2012). Para Soares, Wommer e Hastenpflug (2012) a verminose interfere negativamente na qualidade de dois dos principais produtos da ovinocultura, lã e carne, e inclusive prejudica o desenvolvimento corporal dos animais. A maior susceptibilidade às infecções parasitárias pode estar ainda correlacionada ao período fisiológico dos animais (SOTOMAIOR; SOCCOL, 2001; SOTOMAIOR et al., 2007).

Assim, para a determinação do grau Famacha e do ECC foi necessário averiguar a dependência entre as duas variáveis e como elas se comportavam em relação aos períodos fisiológicos de maior importância dentro do ciclo produtivo: manutenção, gestação e lactação. Para realizar as análises estatísticas optou-se em utilizar apenas os animais que apresentassem valores para os três períodos fisiológicos e em pelo menos três anos distintos, totalizando 34 matrizes.

Para realizar o teste do Qui-quadrado ($\alpha=0,05$) foi necessário agrupar as variáveis Famacha e ECC em menos níveis, pois alguns níveis não possuíam observações. A incorporação de um nível ao outro não causa prejuízo ao modelo, pois a decisão de se realizar manejo específico, como a vermifugação ou suplementação, fica condicionada à presença de uma das duas variáveis. Assim, para o grau Famacha, os níveis 1 e 2 foram agrupados na categoria “Baixo”; o nível

3 não foi agrupado, visto que é uma condição que depende de outros fatores como o ECC para que seja tomada a atitude de vermifugar ou não o animal, por exemplo, e recebeu o rótulo de “Condicional”; e os níveis 4 e 5 foram agrupados na categoria “Alto”. Para o ECC, assumiu-se que ECCs menores do que 2 foram considerados “Baixo”; escores 2,5 e 3,0 foram agrupados na categoria “Ideal”; e quando superiores a 3 foram agrupados na categoria “Alto”.

Após esse reagrupamento dos níveis realizou-se o teste do Qui-quadrado ($\alpha=0,05$) e observou-se que as variáveis Famacha e ECC eram dependentes entre si ($P=0,664$) e entre os períodos fisiológicos ($P>0,05$). Frente a esses resultados agrupou-se novamente as combinações que possuíam o mesmo manejo (Quadro 4) e elaborou-se então a árvore de distribuição de probabilidades e a frequência de cada ocorrência para cada período.

Quadro 4 – Descrição dos grupos de decisão de manejo oriundos das combinações de Famacha e Escore de Condição Corporal (ECC)

Sigla	Descrição	Combinações	Manejo
FBEB	Famacha baixo escore baixo	Famacha baixo e ECC baixo.	Suplementar
FBEA	Famacha baixo escore alto	Famacha baixo e ECC ideal; Famacha baixo e ECC alto; Famacha condicional e ECC ideal; Famacha condicional e ECC alto.	Não realiza manejo específico
FAEB	Famacha alto escore baixo	Famacha condicional e ECC baixo; Famacha alto e ECC baixo.	Suplementar e vermifugar
FAEA	Famacha alto escore alto	Famacha alto e ECC ideal; Famacha alto e ECC alto.	Vermifugar

Fonte: dados da pesquisa.

Para Sotomaior et al. (2007) a proporção de animais resistentes, susceptíveis ou com resistência intermediária varia em função da raça e da idade dos animais, sendo os animais jovens mais susceptíveis e na medida que estes vão crescendo e amadurecendo poderão desenvolver imunidade. Contudo, não foi possível de estimar os dados de Famacha e ECC para as borregas, pois o banco de dados não dispunha de animais com informações para os três períodos. Assim, optou-se em adotar os mesmos valores das matrizes.

4.1.3.4. Taxa de cobertura e relação macho:fêmea

As ovelhas são animais considerados poliéstricos estacionais por apresentarem ciclos estrais em uma determinada época do ano. O comportamento estral é observado quando ocorre redução da luminosidade, mais precisamente no final do verão, outono e início do inverno; por isso as ovelhas são também chamadas de animais de dia curto (NUGENT III; NOTTER; McCLURE, 1988; SWEENEY; CALLAGHAN, 1996). A intensidade da estacionalidade pode variar entre as raças. Animais Suffolk são característicos de clima temperado, assim, igualmente observado para a raça Dorset, as fêmeas apresentam alta estacionalidade reprodutiva (DZABIRSKI; NOTTER, 1989).

O ciclo estral das ovelhas dura em média 17 ± 2 dias, possuindo de duas a quatro ondas foliculares (SOHAL et al., 2014) culminando na expressão do estro. Contudo, pode acontecer de uma ou mais ondas não serem acompanhadas de manifestação de estro ou ainda ter a sua indução ocasionada apenas após o início da estação reprodutiva devido ao efeito da presença do macho (FONSECA, 2005). Dessa forma foi necessário delinear um período de acasalamento entre 45 dias, para que pelo menos três ciclos estrais de 17 dias cada fossem contemplados.

Para o período de estação de monta adotou-se a proporção de um macho para cada 50 fêmeas (1:50) conforme praticado no LAPOC/UFPR. Ao analisar os dados brutos não foi possível afirmar que os machos realizaram apenas uma monta por matriz por dia e que a mesma não se repetia nos demais dias da estação de monta. Assim, estipulou-se a média de sete montas por dia, podendo a mesma matriz ser coberta mais de uma vez e em mais de um dia. Como a Simulação Baseada em Agentes (SBA) permite que as entidades criem padrões de comportamento, o período de estação de monta foi todo modelado seguindo essa lógica, no intuito de permitir que o rebanho desenvolvesse características próprias. Para simular a presença ou não do estro, utilizou-se a taxa média de cobertura dos machos para cada categoria – borrega ou matriz, entre os anos de 2003 a 2011, sendo:

$$\text{Taxa de cobertura (\%)} \sum_i^n = \left(\frac{\text{nº de fêmeas cobertas}}{\text{nº de fêmeas expostas à monta}} \right) \times 100 \quad (05)$$

Onde,

n : categoria da fêmea ovina;

i : ano;

A taxa de cobertura média observada foi de 79% e 89% para borregas e matrizes, respectivamente. É importante realizar a distinção entre categorias, pois borregas possuem menor taxa de ovulação (ABBOTT et al., 1996), período estral mais curto, comportamento estral menos perceptível e atrativo ao macho (BARTLEWSKI; BEARD; RAWLINGS, 2006), além de competirem com ovelhas adultas pela atenção do macho fazendo com que sejam cobertas em menos ocasiões que ovelhas adultas (SMIDERLE, 2009).

A fase de repasse é de suma importância dentro da ovinocultura. A sua realização aumenta as chances do macho copular com mais fêmeas em período fértil. Na etapa do repasse não foram encontrados dados que permitissem afirmar a porcentagem de matrizes e/ou borregas que apresentaram estro após o período de monta natural. A literatura científica pouco especifica sobre os percentuais de acasalamento de fêmeas no manejo de repasse após monta natural. Normalmente esses valores estão atrelados à taxa de prenhez e comumente em estudos de técnicas de sincronização e inseminação artificial. Assim, para efeito de incorporação dos custos de produção do período de repasse, adotou-se os mesmos valores de taxa de cobertura do período de monta.

4.1.3.5. Diagnóstico gestacional

O diagnóstico gestacional indica quais e quantas fêmeas ficaram gestantes após os períodos de monta e repasse. Para alimentar o modelo nessa fase utilizou-se a taxa de fertilidade, elaborada para cada categoria entre os anos de 2004 e 2009 – período no qual pode ser feita a relação de exposição à monta e documentação do diagnóstico gestacional, que correspondeu a:

$$\text{Taxa de fertilidade (\%)} \sum_{i=0}^n = \left(\frac{\text{nº de fêmeas gestantes}}{\text{nº de fêmeas expostas à monta}} \right) \times 100 \quad (06)$$

Sendo,

n: categoria da fêmea ovina;

i: ano,

As taxas de fertilidade indicam, principalmente, a qualidade das matrizes – se elas estão “ciclando”, ou seja, se elas estão ovulando e seus óvulos estão sendo fertilizados e se o método reprodutivo adotado está produzindo resultados satisfatórios. Baixas taxas de fertilidade podem ser correlacionadas além da qualidade do plantel de matrizes, com a qualidade dos reprodutores (MORAES, 2008). As médias utilizadas no modelo foram as observadas no banco de dados de 93% para matrizes e 81% para borregas.

4.1.3.6. Gestação

O índice de prolificidade remete ao número de cordeiros nascidos por matriz, sendo um importante índice zootécnico para a ovinocultura e de constante busca de melhoria. Contudo, o mesmo não permite inferência em relação à proporção de partos simples ou duplos e se essa proporção é diferente entre animais jovens e adultos. Para o modelo foi necessário não utilizar o índice de prolificidade, para que os demais eventos decorrentes do tipo de parto pudessem ser modelados.

A literatura indica que, conforme o número de partos ocorridos por matriz, a incidência de partos múltiplos também aumenta (LASTER et al., 1972; NOTTER, 2000; GASKINS et al., 2005; SARMENTO et al., 2010; SANTOS et al., 2013). Desse modo, os dados foram organizados de acordo com o número de observações de partos sendo separados em borregas (B), ou seja, animais nulíparas, ovelhas com uma observação de parto (P1) mas não borregas, ovelhas com duas observações de parto (P2), três observações (P3), quatro (P4), cinco (P5), seis (P6), sete (P7) e oito observações de parto (P8) (Quadro 5). Não foram observados animais com mais de oito observações de partos.

Quadro 5 – Número de observações (n) de acordo com o número de gestações ocorridas

Partos	n amostral
B – Borregas	32
P1 – um parto	66
P2 – dois partos	91
P3 – três partos	49
P4 – quatro partos	26
P5 – cinco partos	19
P6 – seis partos	17
P7 – sete partos	6
P8 – oito partos	5

Fonte: dados da pesquisa

A quantidade de observações não necessariamente condiz com a idade fisiológica da matriz, visto que os dados não permitiram que tal afirmação fosse feita. Ao analisar o banco de dados ficou evidente o efeito do número de gestações na prolificidade da matriz (Gráfico 5), corroborando com a literatura (QUESADA; McMANUS; COUTO, 2002; SARMENTO et al., 2010; SANTOS et al., 2013).

Gráfico 5 – Porcentagem de número de cordeiros (um, dois ou três) por parto de acordo com a ordem de partos

Fonte: dados da pesquisa.

Apesar do fator “número de gestações” ter aparentemente se apresentado positivo na prolificidade das matrizes em análise, a prolificidade é influenciada não somente pela idade e pela ordem de parto, mas também pelo seu peso e ECC (SARMENTO et al., 2010; SANTOS et al., 2013). Não foi possível estimar o efeito do

ECC sobre as incidência do tipo de parto, ao longo dos anos, devido à falta de dados relativo ao período de monta e gestação das ovelhas. Contudo, foi possível avaliar o efeito de categoria, borregas e matrizes ($P=0,108$). Para a categoria borrega foi observado a maior incidência de partos simples (84%) em relação à partos múltiplos (16%) e para as matrizes adotou-se a média observada, sendo 46% e 54% para partos simples e múltiplos, respectivamente.

Dentre todos os partos do banco de dados foi observado apenas 2% de partos triplos, podendo ser considerado como evento excepcional. Assim, acreditando que a modelagem do parto triplo não agregaria informações significativas ao modelo, optou-se em apenas modelar a ocorrência de partos simples ou duplos.

Os registros de nascimentos revelaram a proporção de 51,7% de fêmeas para 48,2% de machos. Como a diferença era pequena (3,5%) e como não é comumente realizada a prática da sexagem espermática²¹ na ovinocultura de corte comercial, ficou definida a probabilidade de 50% para machos e 50% fêmeas. Definido o sexo, foi preciso averiguar a influência do sexo sobre o peso ao nascimento. Acreditando que o número de cordeiros por parto poderia afetar o peso ao nascimento (MOHAMMADI et al., 2010; CASTRO et al., 2012) e mascarar o efeito do sexo, foi realizado primeiramente a análise com os cordeiros nascidos de parto simples (Figuras 8 e 9).

²¹ Sexagem espermática é uma prática realizada para seleção espermatozoides de determinado sexo de interesse econômico para a atividade, como a seleção de machos para a produção de carne e de fêmeas para produção de leite, ou ainda em sistemas em que a produtividade é favorecida pela progênie de um dos sexos. As técnicas atuais de sexagem foram desenvolvidas para bovinos. Alguns experimentos como o de Resende et al. (2015) apontam que existe a necessidade de desenvolver mais estudos para adaptar as técnicas para a espécie ovina.

Figura 8 – Histograma e estatística descritiva do peso ao nascimento (KGNASC) das cordeiras e sua respectiva distribuição de probabilidade

Fonte: A – dados da pesquisa gerados através do software Minitab® versão 16; B – dados da pesquisa gerados através do pacote estatístico *Input Analyser*®, do software Arena®, versão 14.7.

Distribuição: Normal / Erro padrão: 0,004 / Teste do Qui-quadrado*: P=0,143

*Teste do Qui-quadrado a 5% de significância.

Legenda: KGNASC – peso ao nascimento; Sex F: Fêmeas.

Figura 9 – Histograma e estatística descritiva do peso ao nascimento (KGNASC) dos cordeiros e sua respectiva distribuição de probabilidade

Fonte: A – dados da pesquisa gerados através do software Minitab® versão 16; B – dados da pesquisa gerados através do pacote estatístico *Input Analyser*®, do software *Arena*®, versão 14.7.

Distribuição: Normal / Erro padrão: 0,002 / Teste do Qui-quadrado*: $P > 0,75$

*Teste do Qui-quadrado a 5% de significância.

Legenda: KGNASC – peso ao nascimento; Sex M: Machos.

Os resultados apresentaram ser estatisticamente significativos para o sexo ($P < 0,05$), a 5% de significância para o teste de Tukey. Verificada a influência do sexo procurou-se identificar se havia efeito de interação entre o número de cordeiros por nascimento e o sexo. Os resultados foram significativos para a interação ($P < 0,05$), a 5% de significância para o teste de Tukey. Os resultados estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores médios de peso ao nascimento de cordeiros de acordo com o sexo e o número de cordeiros por nascimento

Variáveis	Média (kg)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)	DP (kg)	CV (%)
Simple					
Fêmea	5,370 ^a	3,140	7,250	0,923	17,19
Macho	5,955 ^c	2,950	8,600	1,068	17,93
Duplo					
Fêmea	4,345 ^b	2,165	6,600	0,850	19,57
Macho	4,697 ^d	2,110	7,100	0,948	20,19

Fonte: dados da pesquisa.

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

DP: Desvio padrão; CV: Coeficiente de variação.

A distribuição de probabilidade observada para os valores de peso ao nascimento dos cordeiros, dentro de cada tipo de parto, foi a normal. Segundo Freitas Filho (2008, p.214) o emprego de distribuições não limitadas, como a normal, pode implicar em circunstâncias incompatíveis com a realidade e o autor sugere utilizar a distribuição triangular. Em um primeiro momento a distribuição triangular se faz mais interessante, pois evitaria que valores pouco fiéis à realidade ocorressem. Contudo, o baixo peso ao nascer, por exemplo, é um fator importante de ser observado dentro da ovinocultura visto que está associado às falhas na transferência da imunidade passiva e com a alta mortalidade neonatal (TURQUINO; FLAIBAN; LISBÔA, 2011) gerando grandes prejuízos econômicos para atividade. Desse modo, para que fosse possível que o modelo gerasse cordeiros com baixo peso ao nascer, fez-se uso da distribuição normal-aparada (com valores mínimos e máximos) para o peso ao nascimento. Turquino, Flaiban e Lisbôa (2011) consideraram cordeiros Suffolk nascidos com menos de três quilos como baixo peso e como peso ideal entre três e cinco quilos. Esses valores foram adotados para esse estudo.

4.1.3.7. Toxemia da gestação

A toxemia da gestação é uma das principais doenças metabólicas que afetam ovelhas e cabras causando perdas econômicas devido à substancial mortalidade entre esses animais (ABDUL-AZIZ; AL-MUJALLI, 2008). De acordo com Ortolani e

Benesi (1989) a toxemia da prenhez é uma afecção metabólica, determinada por alimentação inadequada durante a gestação, caracterizando-se por uma hipoglicemia, cetose e acidose metabólica, culminando em anorexia, disfunção neurológica progressiva, decúbito e morte.

A epidemiologia da doença pode ser multifatorial visto que animais subnutridos (SARGISON, 2007), superalimentados (CAMPOS et al., 2010) ou com alteração repentina no manejo, clima, uso de medicamentos e tosquia (SMITH, 2002; SANTOS et al., 2011), por exemplo, podem apresentar quadro de toxemia gestacional. Alguns aspectos, contudo, apresentam-se frequentes entre as pesquisas, que seriam o acometimento normalmente no terço final da gestação e/ou início da lactação (BRITO et al, 2006; SARGISON, 2007). Outro aspecto semelhante entre as pesquisas é a alta letalidade dessa doença (CALDEIRA et al, 2007; SANTOS et al., 2011).

De acordo com Campos et al. (2010) e Santos et al. (2011) a toxemia da gestação ocorre principalmente nos sistemas intensivos de produção, sendo relativamente rara em unidades de pastejo extensivo. O LAPOC/UFPR preconiza a produção semiextensiva, ou seja, os animais são alimentados principalmente à pasto porém recebem suplementação concentrada quando necessário e de acordo com o experimento em execução. Sabe-se que durante os anos de atividade do LAPOC/UFPR houve casos de toxemia entre os animais, contudo o banco de dados não permitiu que fosse aferida a frequência nem tão pouco a sua etiologia.

Assim, com a finalidade de simular a ocorrência da toxemia estipulou-se que a mesma ocorreria a uma probabilidade de 1% para fêmeas em terço final de gestação e que, dos animais acometidos, 100% iriam a óbito. Esses valores foram validados com a coordenadora do LAPOC/UFPR e com especialistas da área.

4.1.3.8. Auxílio ao parto

A distocia²² tem sido relatada como o principal fator envolvido na morte de ovelhas e cordeiros no período periparturiente, podendo aumentar a taxa de mortalidade perinatal de cordeiros (SCOTT; GESSERT, 1996). Segundo Roberts (1971) as causas básicas de distocia podem ser de ordem hereditária, nutricional, manejo, infecciosa, traumática ou causas combinadas. Dentre as principais distocias que acometem ovelhas destacam-se a má apresentação fetal, a obstrução do canal do parto, a desproporção feto-pélvica, os monstros e/ou as anormalidades fetais (JACKSON, 2006). As complicações obstétricas causam significativas perdas econômicas na espécie ovina (MAJEED; TAHA, 1995) decorrentes da mortalidade de matrizes e neonatos. Estudos realizados nos Estados do Rio Grande do Sul e São Paulo consideraram a distocia a segunda maior causa de mortalidade de cordeiros variando entre 10 e 22% (MÉNDEZ et al., 1982; RIET-CORREA, 2007).

Entende como distocia a necessidade de intervenção no momento do parto, ou seja, auxílio para que o parto efetivamente ocorra. Este auxílio pode ser através da administração de fármacos, alteração da apresentação do cordeiro e também intervenção cirúrgica. As distocias podem ser de ordem materna ou fetal. De acordo com Noakes, Parkinson e England (2009), distocias de ordem fetal ocorrem geralmente devido ao tamanho excessivo do cordeiros, apresentação errada e anomalias; e de ordem materna são, em sua grande maioria, devido à dilatação deficiente do canal cervical, pélvis estreita e inércia uterina.

Ao avaliar o banco de dados em relação ao auxílio ao parto o primeiro questionamento foi quanto à influência da ordem de parto no auxílio, ou seja, se por quanto mais partos uma ovelha passar maiores, ou não, seriam as chances da necessidade de auxílio. Para realizar essa inferência não foram consideradas as ovelhas com sete e oito partos, devido aos n amostrais serem muito baixos (11 e cinco, respectivamente). Os resultados apontaram haver dependência com a ordem de parto ($P=0,226$) segundo o teste do Qui-quadrado ($\alpha=0,10$) e ou categoria da

²² Distocia é definida como a dificuldade no parto e a necessidade de assistência obstétrica como resultado do fracasso da expulsão ou progresso dentro de tempo limite, chegando a completa inabilidade de parir (GROMMERT, 1985; NOAKES, 1991).

matriz (0,07). Esses resultados corroboram os encontrados na literatura (WOOLIAMS et al., 1983; SCOTT, 1989; MAJEED; TAHA, 1995; CÂMARA et al., 2009; CÂMARA et al., 2012; HOLMOY; WAAGE; GRÖHN, 2014).

Em um segundo momento questionou-se a relação entre a prolificidade e o auxílio. Não foi observada dependência do número de cordeiros por parto em relação ao auxílio ($P=0,001$) diferenciando do citado na literatura (SMITH et al., 1977; WOOLIAMS; WIERNER; MACLEOD, 1983; PUROHIT, 2006). A literatura aponta que cordeiros machos nascidos de partos simples apresentam maior incidência de distocias (ALI, 2011; BHATTACHARYYA et al., 2015) sendo associado ao excessivo peso ao nascer. O teste do Qui-quadrado ($\alpha=0,05$) demonstrou não haver dependência do peso ao nascimento com o auxílio ($P=0,039$). Assim, simulou-se apenas a probabilidade em relação ao número de cordeiros por parto, onde a chance de necessitar de auxílio foi de 10%.

Os dados apontaram não haver dependência entre os cordeiros natimortos, ou seja, que morreram nas primeiras horas logo após o parto ou que nasceram mortos com o auxílio ($P=0,039$), para o teste do Qui-quadrado ($\alpha=0,05$). Para a mortalidade neonatal, até o quinto dia de vida, o teste de Qui-quadrado ($\alpha=0,05$) apresentou haver dependência ($P=0,595$) onde 2,6% de cordeiros que tiveram auxílio vieram a óbito.

A qualificação do auxílio ao parto seria uma informação importante, pois poderia aperfeiçoar os critérios de descarte de matrizes. Contudo, os dados utilizados nessa pesquisa não permitiram que fossem feitas afirmações qualitativas, apenas remetiam à necessidade ou não do auxílio. Os dados também não permitiram estimar a frequência de morte de matrizes que receberam auxílio ao parto. Porém, Câmara et al. (2009), analisando 60 casos de distocia em ovelhas, relataram taxa de mortalidade de 11,6% para matrizes com partos distócitos. Para incorporar essa informação ao modelo assumiu-se que, das matrizes que apresentassem distocia, 10% poderiam vir a óbito.

4.1.3.9. Mastite

Os fatores sanitários são notoriamente impactantes na criação de ovinos. Dentre eles, além da verminose, a mastite apresenta significativa contribuição às perdas econômicas seja pela queda na produção e na qualidade do leite, gastos adicionais com mão de obra (LARSGARD; VAABENOE, 1993), desempenho reduzido dos cordeiros (VERÍSSIMO et al., 2010), morte dos cordeiros e das matrizes, além de ser a principal causa do descarte precoce da matriz devido à perda da função da mama acometida (JONES; WATKINS, 2000; MENZIES; RAMANOON, 2001; MENDONÇA; AFONSO; COSTA, 2005; SANTOS et al., 2007). Tais prejuízos impactam negativamente a rentabilidade do produtor e a oferta de produtos e subprodutos desta atividade para o consumidor (SANTANA, 2014).

Mastite é o processo inflamatório da glândula mamária, causada principalmente por microrganismos e pode ser de caráter clínico ou subclínico. Na mastite clínica o coeficiente de letalidade pode alcançar 40% na ausência de tratamento (SANTOS et al., 2007b). Apesar da alta mortalidade a incidência anual de episódios clínicos é estimada em menos de 5% em condições normais, enquanto que em rebanho endêmicos possa acometer mais de 50% do rebanho (MAROGNA et al., 2010). Já a mastite subclínica é caracterizada por alterações quantitativas e qualitativas do leite, principalmente pelo aumento do número de células somáticas (BERGONIER; BERTHELOT, 2003), podendo se estender por todo o período de lactação (AL-MAJALI; JAWABREH, 2003; BLAGITZ et al., 2012). A sua incidência no rebanho pode passar despercebida devido à ausência de sinais clínicos, contudo as consequências deletérias da mastite na qualidade e quantidade são mais significativas em pequenos ruminantes em comparação às vacas leiteiras (LEITNER et al., 2004). Sua incidência pode ser de 20 a 30% em rebanhos comerciais (PEREIRA et al., 2014).

Pereira et al. (2014) avaliou 54 rebanhos de ovinos de corte de diferentes raças a fim de identificar os fatores de risco, etiologia e aspectos clínicos da mastite em ovelhas de corte no estado do Paraná. Segundo os autores a incidência média de mastite clínica foi de 6,74%, valor esse próximo dos relatados na literatura (CONTRERAS et al., 2007; SANTOS, 2008; SILVA et al., 2010; MARAGONA et al. 2010) e em 69,2% dos casos foi observada no início da lactação, fato esse também

observado por Menzies e Ramanoon (2001); Oliveira (2007) e Arsenault et al. (2008).

Ao analisar o banco de dados do LAPOC/UFPR foi constatada menos de 1% de incidência de mastite clínica entre as matrizes. Dentro do 1% observado, todas as notificações foram realizadas durante a estação de nascimento, ou seja, alguns dias após o nascimento dos cordeiros, caracterizando com a fase de pico lactacional. Para o modelo foi então estipulado que ovelhas em pico de lactação teriam 0,5% de chance de desenvolverem mastite clínica, valor esse estabelecido durante a fase de validação do modelo. A chance de desenvolver a mastite subclínica não foi considerada visto que, em rebanhos comerciais de ovinos de corte, as análises do leite raramente são realizadas e quando o são normalmente o animal já apresenta algum sinal de mastite clínica. Sendo assim, a sua ocorrência não pode ser estimada e qualquer valor aqui adotado poderia não condizer com a realidade. Ademais, Zafalon et al. (2013) reportaram que a presença de mastite subclínica não alterou o ganho médio de peso diário dos cordeiros, afirmando que os cordeiros podem apresentar o comportamento de aumentar as tentativas de mamadas na metade do úbere não comprometida (GOUGOLIS et al., 2008).

Arsenault et al. (2008) observaram aumento na mortalidade de ovelhas que apresentassem mastite e para cordeiros filhos de mães com mastite. Analisando os dados do LAPOC/UFPR não pode ser atribuída a frequência de morte de ovelhas com mastite e seus cordeiros. Acreditando que a mortalidade de cordeiros nascidos de mães com mastite seja uma realidade e importante para o modelo, optou-se em seguir o proposto por Arsenault et al. (2008) e Pereira et al. (2014) adotando-se valores cinco vezes maiores na taxa de mortalidade durante o período de lactação, ou seja, 20%.

4.1.3.10. Aborto, mortalidade perinatal e mortalidade pós-natal

A mortalidade em cordeiros pode ser dividida em três fases: embrionária/fetal, perinatal e pós-natal. Ambas as perdas embrionárias ou fetais acarretam grandes prejuízos à atividade, seja pelo impacto negativo sobre a taxa de desfrute do

rebanho, como também pelo possível comprometimento da fertilidade futura da matriz (GIVENS; MARLEY, 2008).

De acordo com Crespilho (2009) as principais causas que levam às perdas embrionárias e aborto²³ correspondem a problemas de origem infecciosa, estresse severo, deficiência nutricional e ingestão de plantas tóxicas. A literatura relata que a taxa de mortalidade embrionária para borregas é significativamente superior à observada em ovelhas adultas, sendo a principal causa das baixas taxas de concepção para a categoria (GORDON, 1967; DYRMUDSSON, 1973; QUIRKE; HANRAHAM, 1977; ROBINSON, 1993; SMIDERLE, 2009). O maior problema relacionado às perdas embrionárias é que não geram manifestações clínicas na grande maioria das vezes, fazendo com que tais episódios passem despercebidos pelo produtor (MOBINI; HEATH; PUGH, 2002; MEDEIROS et al., 2005).

Neste estudo, as perdas embrionárias e a taxa de aborto foram consideradas como uma única variável e foram caracterizadas pelo percentual de ovelhas que se apresentaram prenhas ao diagnóstico de gestação, mas que não pariram. A fórmula de cálculo é apresentada a seguir:

$$\text{Taxa de aborto (\%)} = \left[1 - \left(\frac{\text{nº animais gestantes}}{\text{nº animais que pariram}} \right) \right] \times 100 \quad (07)$$

Ao analisar os dados do LAPOC/UFPR a taxa de aborto encontrada para borregas foi superior aos relatados na literatura: 66,7% versus 40% da literatura (SASA et al., 2002; SMIDERLE, 2009). Porém, como esperado, ficou evidente a diferença entre borregas e matrizes (66,7% e 20,1%, respectivamente). Contudo, durante a etapa de verificação e validação do modelo, descrito no capítulo seguinte desta tese, tais percentuais foram questionados, não sendo condizentes com a realidade e possivelmente um equívoco durante o registro das informações. De acordo com Barbosa (2007) uma taxa de aborto entre 1,5 a 2% é considerada excelente e até 5% é uma taxa comum. Assim, foi admitido que 2% seria a taxa de aborto correspondente às perdas fisiológicas e valores acima deste poderiam ser atribuídos ao manejo incorreto da fêmea gestante.

²³ O termo “aborto” é comumente utilizado quando ocorre a perda fetal podendo ocorrer a qualquer momento da gestação (HASKELL, 2008).

Apesar do grande impacto das perdas antes do parto, a mortalidade perinatal é considerada uma das principais causas de redução de produtividade na ovinocultura (RIET-CORREA, 2007). O período perinatal abrange os momentos imediatamente antes e durante o parto (natimortalidade), além dos primeiros dias de vida – mortalidade neonatal. Para a alimentação do modelo foi feita a distinção entre a natimortalidade e a mortalidade neonatal. Como natimortalidade considerou-se os animais que nasceram mortos ou que morreram nas primeiras horas de vida, e a mortalidade neonatal foi considerada quando acometida aos cordeiros até o quinto dia de vida.

Em sistemas extensivos desenvolvidos em países tropicais estima-se uma mortalidade perinatal para pequenos ruminantes que varia entre 16 a 60% (SEBEL; McCRINDLE; WEB, 2004), sendo que em sistemas mais intensivos e tecnificados reportam-se índices inferiores, ao redor de 8 a 17% (SMITH; SHERMAN, 1994). Dentre as causas de mortalidade perinatal, que atuam individualmente ou relacionadas entre si, incluem-se distocias, malformações, infecções neonatais, predação, fatores maternos como inabilidade ou inexperiência materna, má nutrição da matriz durante a gestação – resultando no nascimento de filhotes debilitados e baixa produção leiteira; além das falhas de manejo nas propriedades sobretudo no tocante a medidas gerais de higiene com as instalações, com a parturiente e com os recém nascidos (SEBEL; McCRINDLE; WEB, 2004; MEDEIROS et al., 2005; HASKELL, 2008). McMillan (1983) citou porcentagens de 13% de distocia, como causa de mortalidade de cordeiros nos três primeiros dias de vida. Macedo e Macedo (2008), referenciando autores que estudaram as causas de mortalidade em cordeiros, constataram que o baixo peso ao nascer assume maior importância entre as ocorrências de mortalidade durante e após o parto e que cordeiros com baixos pesos contribuíram para maior mortalidade nas primeiras 72 horas de vida.

O banco de dados revelou dependência do auxílio e do número de cordeiros por parto em relação a natimortalidade ($P < 0,05$) para o teste do Qui-quadrado ($\alpha = 0,05$). Dos 1.326 cordeiros nascidos no rebanho do LAPOC/UFPR, entre os anos de 1999 a 2009, foram observados apenas 54 relatos de natimortalidade (4%) e, dentro desses, 41 casos (75,9%) não continham informação de peso e/ou sexo do cordeiro e quando apresentaram o peso médio foi de 4,655 kg – valor próximo às médias observadas (vide Tabela 4, p.97). Mesmo acreditando que dentro dos 41

casos observados possa existir relação da natimortalidade com o baixo peso ao nascer, optou-se por assumir o valor absoluto de 4% de probabilidade.

Diferentemente da natimortalidade dos 42 relatos de mortalidade neonatal (3% de 1.326 cordeiros nascidos) 88% apresentaram peso ao nascer médio de 4,085 kg. Contudo, a mortalidade neonatal não apresentou relação com o baixo peso ao nascimento ($P < 0,001$), aproximadamente 69% dos cordeiros que morreram estavam dentro da faixa de peso ideal ou acima dela. Não foi observada dependência em relação ao número de cordeiros por parto ($P = 0,037$), mas foi observada dependência para o auxílio ($P = 0,595$).

De acordo com Crespilho (2009) dentre os principais fatores predisponentes destacam-se como causa da morte de neonatos o complexo inanição, desidratação e hipotermia, geralmente associado às falhas na ingestão de colostro. As falhas na ingestão de colostro podem estar associadas a matrizes com quadro de mastite (SELAIVE, 1980; NÓBREGA JÚNIOR, et al., 2005; VERÍSSIMO et al., 2010; PEREIRA et al., 2014). Veríssimo et al. (2010) relataram que a mastite foi apontada como a causa da morte de cordeiros lactentes em 70% dos casos numa estação de parição de ovelhas Santa Inês. Arsenault et al. (2008) verificaram que a presença de mastite clínica aumenta o risco de mortalidade de cordeiros em até cinco vezes num estudo realizado com ovelhas de corte no Canadá. Dessa forma, para que fosse possível acrescentar a informação da mortalidade neonatal à simulação, assumiu-se que, independentemente do peso, a probabilidade de morte até o quinto dia de vida seria de 3% (valor observado no banco de dados do LAPOC/UFPR), sendo que para cordeiros filhos de matrizes que apresentassem quadro de mastite a probabilidade seria de 15% (cinco vezes mais, conforme citado por ARSENAULT et al., 2008) e para cordeiros que tiveram auxílio ao parto a probabilidade de óbito seria de 2,6%.

A mortalidade de cordeiros na fase pós-natal corresponde às perdas durante o período lactacional e de terminação. A mortalidade durante a lactação é um importante indicador da qualidade do manejo sanitário do rebanho, devido à maior susceptibilidade as endoparasitoses durante a fase lactente (FERNANDES et al., 2015). Sabe-se ainda que durante os períodos de gestação e lactação ocorre o fenômeno conhecido como “*spring rise*”, ou quebra da imunidade no periparto, fazendo com que a carga parasitária da matriz aumente e que volte a reduzir somente após o desmame (RAHMAN; COLLINS, 1992; BARGER, 1993; CIARLINI et al., 2002).

Para Salgado (2011) há antiga preocupação com a contaminação que a ovelha pode ocasionar aos cordeiros durante o período do parto. Segundo Pinheiro (1988) quando o cordeiro permanece por período prolongado de tempo com a mãe, além de estabelecer uma competição natural entre mãe e filho pelo pasto disponível, a mãe contamina com ovos de parasitos as pastagens aumentando a susceptibilidade do cordeiros de ingerirem a pastagem contaminada. Entretanto, esse fato não foi confirmado por estudos realizados no LAPOC/UFPR (RIBEIRO et al., 2009; SALGADO et al., 2009; FERNANDES, 2010) em situações em que a massa de forragem disponível às ovelhas era ao redor de 1.000 kg de MS de folhas/ha ou de ofertas de 12% de MS, com teor de PB entre 18 a 20% da MS. Barros et al. (2009b); Fernandes et al. (2011) e Stivari (2012), analisando diferentes sistemas de produção à pasto do LAPOC/UFPR, apontaram taxas entre 3 a 12% de mortalidade para cordeiros durante a fase de lactação. Para o modelo adotou-se a taxa de mortalidade de cordeiros lactentes de 4% – de acordo com o aconselhado na etapa de verificação e validação do modelo.

Em relação à mortalidade no período de terminação, nos experimentos realizados no LAPOC/UFPR que contemplaram o mesmo tipo de sistema de terminação, a taxa de mortalidade foi de 0% (STIVARI et al., 2013) a 3% (BARROS et al., 2009a,b). Mesmo com os baixos valores observados, optou-se em utilizar a taxa de 1% de mortalidade na terminação.

4.1.3.11. Mortalidade de adultos na manutenção

Segundo Armsby e Moulton (1925) a manutenção é o estado de conservação do status corporal intacto não existindo perda ou ganho de tecido, nem translocação de matéria no organismo. É a fase de menor desafio do animal sadio. Neste estudo para cada período de desafio durante a fase adulta dos animais (gestação e lactação, por exemplo) foi atribuída a taxa de mortalidade específica para as possíveis intercorrências (parto, mastite, entre outros). O banco de dados do LAPOC/UFPR não relata a mortalidade de animais adultos em fase de manutenção, no entanto, nos estudos de Barros (2008) e Stivari (2012) foi observada a mortalidade

de 4% de animais adultos durante o período produtivo (um ano), valor esse adotado para a fase de manutenção dos animais.

4.1.3.12. Ganho médio de peso diário, peso e idade de abate dos cordeiros

O ganho médio peso diário (GPD) é um importante índice de produtividade que, associado a outros índices, remete à eficiência do animal em converter alimento ingerido em incremento de peso corpóreo. Seu acompanhamento permite a identificação da produtividade dos animais, fazendo com que haja melhor seleção do rebanho e melhoria dos rendimentos financeiros. Segundo o NRC (2007) os requerimentos nutricionais, e consequente desempenho produtivo, possuem íntima relação com o estado fisiológico e maturidade do animal. Logo, os requerimentos nutricionais são diferentes para os períodos de manutenção, gestação, lactação, crescimento e terminação. Entre os principais fatores que atuam como determinantes qualitativos e quantitativos na produção de carne ovina estão os extrínsecos ao animal como a alimentação e os intrínsecos como sexo, idade e raça (OSÓRIO et al., 1996).

A raça Suffolk é notoriamente conhecida como uma raça precoce podendo gerar cordeiros prontos para abate entre os 110 e 130 dias, com pesos variando entre 30 e 40 kg (BUENO et al., 2000; CARVALHO et al., 2005; NEW ZEALAND SHEEPBREEDERS ASSOCIATION, 2015). Além do quesito raça, diversos autores relataram que animais provenientes de parto simples apresentam maior potencial de crescimento do que os de parto múltiplo (SILVA; ARAÚJO, 2000; GONZÁLEZ; TORRES; CASTILLO, 2002; BARROS et al., 2005; ROCHA et al., 2009; PIRES et al., 2011).

Carvalho et al. (1999) por sua vez relataram que o sexo é um dos fatores determinantes no desempenho dos animais. A literatura aponta que o sexo afeta a velocidade de crescimento e a deposição dos distintos tecidos do corpo dos animais, ocorrendo maior e mais eficiente crescimento e menor deposição de gordura em machos não castrados em relação às fêmeas (SENTS; WALTER; WHITEMAN, 1982; MUWALLA; HARB; CROSBY, 1998; SIQUEIRA; SIMÕES; FERNANDES, 2001; PIRES et al., 2011; KORITAKI et al., 2012).

O GPD dos cordeiros foi estipulado de acordo com os dados observados no LAPOC/UFPR durante as fases de lactação até o desmame e posteriormente do desmame a terminação. Neste estudo não foi considerada a realização do desmame, porém, para efeito da modelagem do ganho de peso dos cordeiros nas duas diferentes fases de desenvolvimento (lactação exclusiva e terminação a pasto), optou-se em utilizar os dados de GPD até o desmame como a fase de lactação.

Os dados corroboraram com a literatura ao apresentar diferença estatística entre o número de cordeiros por parto ($P < 0,001$) e o sexo ($P = 0,007$) em relação ao GPD, à 5% de significância pelo teste de Tukey. O GPD dos cordeiros diferiu para o sexo quando esses eram nascidos de parto simples, porém o mesmo padrão não foi observado pelos animais oriundos de partos múltiplos. Os valores médios observados estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores observados para os cordeiros em fase de lactação até atingirem 18 kg de peso vivo

Tipo de parto	Peso médio ao nascimento (kg)	Idade média ¹ (dias)	Ganho médio de peso diário ² (kg)	P
Simple				<0,001
Fêmea	5,370	46	0,281 ^a	0,007
Macho	5,955	40	0,311 ^b	0,007
Múltiplo				<0,001
Fêmea	4,345	61	0,227 ^c	0,007
Macho	4,697	57	0,238 ^c	0,007

Fonte: dados da pesquisa.

¹Idade média ao atingirem 18 kg de peso vivo; ²Ganho médio de peso diário durante a lactação. Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O GPD durante o período de terminação, o tempo de terminação, rendimento de carcaça e peso vivo de abate foram compilados dos resultados publicados na forma de artigos (POLI et al., 2008; BARROS et al., 2009a,b; RIBEIRO et al., 2009; FERNANDES et al., 2011; SILVA et al., 2012; STIVARI, 2012; STIVARI et al., 2013). A compilação está detalhada na Tabela 5.

Tabela 5 – Compilação dos resultados dos experimentos realizados entre os anos de 2003 e 2009 pelo Laboratório de Pesquisa e Produção de Ovinos e Caprinos, da Universidade Federal do Paraná, para o sistema de terminação de cordeiros sem desmame e sem suplementação terminados em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*) e Tufton-85 (*Cynodon* sp.)

Artigo	Ano ¹	GPD ² (kg)	PVA ³ (kg)	RCQ ⁴ (%)
Poli et al. (2008) e Barros et al. (2009b)	2003-2004	0,281	32,0	45,4
Ribeiro et al. (2009) e Barros et al. (2009a)	2004-2005	0,303	33,9	46,4
Silva et al. (2012), Ribeiro et al. (2013) e Stivari et al. (2013)	2007	0,204	34,0	47,5
Fernandes et al. (2011) e Stivari (2012)	2008-2009	0,135	32,7	41,3

Fonte: dados da pesquisa.

¹ Ano de execução do experimento à campo; ²GPD: Ganho médio de peso diário; ³PVA: Peso vivo no abate; ⁴RCQ: Rendimento de carcaça quente.

A média entre os experimentos foi de 0,230 kg/dia para o GPD de cordeiros terminados sem desmame e sem suplementação em pastagem. A redução da velocidade de ganho de peso pode ser uma referência para a determinação do momento de abate. Assim, evitam-se idades muito avançadas e/ou alta deposição de gordura na carcaça. Siqueira, Simões e Fernandes (2001), analisando o efeito do sexo e do peso ao abate em relação à velocidade de crescimento, características da carcaça e resultado econômico, apontaram como sendo o peso médio ideal de abate entre 28 e 32 kg, independentemente do sexo. Atualmente, com o advento da raça Dorper no cenário nacional da ovinocultura de corte, tem-se trabalhado comercialmente com pesos de abate superiores, entre 36 e 42 kg. Para este estudo, após a fase de defesa desta tese, adotou-se que o peso de abate seria de 40 kg e idade limite de 150 dias. Para os animais que não atingiram o peso de abate até os 150 dias, o abate foi realizado da mesma forma.

Além dos GPD para as fases de lactação e terminação foi necessário estipular um coeficiente de GPD para as cordeiras que seriam destinadas à reposição do rebanho. Assim, estipulou-se a média de 0,110 kg/dia de GPD para cordeiras após o período de terminação até atingirem a idade de um ano. Esse valor foi estipulado durante a verificação e validação do modelo.

Os dados de entrada do modelo (*Inputs*) foram sumarizados no Quadro 6.

Quadro 6 – *Inputs* das variáveis de rebanho do modelo de simulação híbrida – simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos – de um sistema de produção de ovinos de corte

(continua)

Componente	Classificação	Descrição	Parâmetros de entrada	Origem dos dados
Matriz	Agente	Fêmea ovina adulta	Dois a seis anos	LAPOC/UFPR
Borrega	Agente	Fêmea ovina jovem Permanece na categoria até atingir 70% do peso vivo de uma matriz adulta ou dois anos de idade	-	LAPOC/UFPR
Cordeira	Agente	Fêmea ovina jovem Varia de acordo com o tamanho do rebanho, sendo destinada à reposição do rebanho ou produção de carne	-	<i>Ad hoc</i>
Cordeiro	Agente	Macho ovino jovem Destinado à produção de carne	-	<i>Ad hoc</i>
Reprodutor	Agente	Macho ovino adulto	Proporção de 1 macho para cada 50 ovelhas	LAPOC/UFPR
Idade	Variável	Idade fisiológica dos animais	Cordeiro (a): <130 dias; Borrega: 131 dias a 2 anos; Matriz: 2 a 6 anos.	LAPOC/UFPR e <i>Ad hoc</i>
Peso	Variável	Peso vivo em quilos	Cordeiros (as) para abate: 40 kg; Borrega: 32 a 58 kg; Matriz: TRI ¹ (62,000; 105,140; 83,883) kg;	LAPOC/UFPR
Rendimento de carcaça	Variável	Rendimento médio do peso da carcaça (%)	TRI (41,3; 47,5; 46,9)	LAPOC/UFPR
Famacha e Escore de Condição Corporal (ECC)	Variável	Famacha – grau de infecção parasitária; ECC - método de avaliação da condição corpórea dos animais. Variam de acordo com o período fisiológico	FBEB – Famacha baixo e ECC baixo; FBEA – Famacha baixo e ECC alto; FAEB – Famacha alto e ECC baixo; FAEA – Famacha alto e ECC alto.	LAPOC/UFPR
Ganho médio de peso diário (GPD)	Variável	Ganho médio de peso vivo (kg) por dia dos animais Alteram-se em relação ao período fisiológico, categoria e tipo de parto	Borrega: 0,110 kg/dia; Cordeira - lactação: Parto simples: 0,281 kg/dia; Parto duplo: 0,227 kg/dia; Cordeiro - lactação: Parto simples: 0,311 kg/dia; Parto duplo: 0,238 kg/dia; Cordeiros (as) até o abate: 0,230 kg/dia.	LAPOC/UFPR

(continua)

Componente	Classificação	Descrição	Parâmetros de entrada	Origem dos dados
Número de cordeiros por parto	Variável	Número de cordeiros nascidos por gestação. Altera-se de acordo com a categoria da ovelha	Matriz: Simples – 46%; Duplo – 54%; Borrega: Simples – 84%; Duplo – 16%.	LAPOC/UFPR
Sexo	Variável	Probabilidade de nascerem cordeiros machos ou fêmeas	50% Fêmea; 50% Macho.	LAPOC/UFPR
Peso ao nascimento	Variável	Peso ao nascimento dos cordeiros varia de acordo com o sexo e número de cordeiros por parto	Cordeiras Simples: NOR.ap ² (5,370; 0,923; 3,140; 7,250); Duplo: NOR.ap (4,345; 0,850; 2,165; 6,600); Cordeiros Simples: NOR.ap (5,955; 1,068; 2,950; 8,600); Duplo: NOR.ap (4,697; 0,948; 2,110; 7,100).	LAPOC/UFPR
Auxílio	Variável	Intervenção no momento do parto	10%	<i>Ad hoc</i>
Taxa de cobertura	Variável	Relação do número de fêmeas cobertas em relação ao número de fêmeas expostas à monta	Matriz: 89%; Borrega: 79%.	LAPOC/UFPR
Taxa de fertilidade	Parâmetro	Número de fêmeas gestantes em relação ao número de fêmeas expostas à monta	Matriz: 93%; Borregas: 81%.	LAPOC/UFPR
Taxa de aborto	Variável	Número de fêmeas que abortaram	2%	Literatura
Natimortalidade	Variável	Cordeiros nascidos mortos ou que morreram no parto	4%	LAPOC/UFPR
Mortalidade neonatal	Variável	Mortalidade de cordeiros até o quinto dia de vida	3%; Com auxílio: 2,6%; Com mastite: 15%.	LAPOC/UFPR LAPOC/UFPR Literatura
Mortalidade lactação	Variável	Porcentagem de cordeiros que podem morrer durante o período de lactação	4%; Com mastite: 20%.	LAPOC/UFPR Literatura
Mortalidade terminação	Variável	Porcentagem de cordeiros que podem morrer durante o período de terminação	1%	<i>Ad hoc</i>
Mortalidade matrizes	Variável	Porcentagem de mortalidade de fêmeas ovina adultas, varia de acordo com o período fisiológico e ocorrência de eventos	Mantença: 4%; Parto auxiliado: 10%; Com toxemia: 100%.	LAPOC/UFPR <i>Ad hoc</i> <i>Ad hoc</i>
Toxemia da gestação	Variável	Doença metabólica que acomete ovelhas durante o terço final da gestação	1%	<i>Ad hoc</i>
Mastite	Variável	Processo inflamatório da glândula mamária	0,5%	LAPOC/UFPR

(conclusão)

Componente	Classificação	Descrição	Parâmetros de entrada	Origem dos dados
<i>Flushing</i>	Processo	Período de fornecimento de alimentação suplementar para os animais com ECC baixo	30 dias	LAPOC/UFPR
Monta	Processo	Período reprodutivo das matrizes e reprodutores	45 dias	LAPOC/UFPR
Repasse	Processo	Período reprodutivo adicional das matrizes e reprodutores	15 dias	LAPOC/UFPR
Diagnóstico gestação	Processo	Diagnóstico gestacional das matrizes que foram cobertas durante a monta e repasse	30 dias após fim do repasse	LAPOC/UFPR
Parto	Processo	Nascimento dos cordeiros	150 dias após a data da cobertura realizada no período de monta ou repasse	LAPOC/UFPR
Abate	Processo	Abate dos cordeiros destinados a produção de carne	Abate dos cordeiros, machos ou fêmeas, que atingiram o peso de abate ou que estão com 150 dias de vida	<i>Ad hoc</i>

Fonte: dados da pesquisa.

¹TRI: Distribuição triangular (mínimo; máximo; moda); ²NOR.ap: Distribuição normal aparada (média; desvio padrão; mínimo; máximo).

4.1.3.13. Análises econômico-financeiras

As análises econômico-financeiras do modelo foram realizadas com base no apresentado por Stivari (2012) devido à similaridade dos dados. Para o levantamento dos custos e receitas foi delineada uma propriedade rural existente e em atividade, seguindo os padrões de estrutura e manejo adotados no LAPOC/UFPR, que preconiza a alimentação em pastagem e terminação dos cordeiros sem desmame.

Todos os preços utilizados nos cálculos foram os praticados no ano de 2015 obtidos por consulta à lista de preços pagos pelo produtor da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB-PR, 2015) e por meio de levantamentos realizados junto ao mercado, quando inexistentes naquela base de dados. Os preços nominais dos insumos foram as médias praticadas de acordo com a série histórica (2007 – 2015) de preços pagos por cooperativas agroindustriais da região de Curitiba-PR. Todos os valores foram corrigidos para o mês de dezembro

de 2015 utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/INPC, 2016).

Considerou-se que os animais adultos permaneceriam em pastagem durante o ano todo em sistema de pastejo contínuo com oferta de 12% do peso corporal (PC) dos animais em matéria verde de forragem/dia. Durante o período de *flushing* foram ofertados 300 g de concentrado (16% PB; 74% NDT na matéria seca) por dia para cada animal que apresenta baixo ECC, por 30 dias pré-monta. Foi também considerado o fornecimento do mesmo concentrado, porém com acréscimo de volumoso, nos últimos 30 dias que antecedem a parição das ovelhas gestantes e nos 15 dias pós-parição, conforme manejo realizado no LAPOC/UFPR, na oferta de 800 g de concentrado e 2,4 kg de silagem de milho por ovelha por dia. Para o cálculo das despesas com concentrado foi admitido o preparo da mesma na propriedade. As despesas com o manejo e formação do pasto foram contabilizadas de acordo com o modelo proposto pela AgraFNP (2010), com os valores também corrigidos.

Elaborou-se inventário da terra e das benfeitorias necessárias para os sistemas com determinação do custo do bem novo e da vida útil. Considerou-se um depósito de 50 m² e aprisco de 400 m² para abrigo eventual e pré e pós-estação de parição. Foi contabilizada a utilização de cercas teladas no perímetro dos piquetes. As máquinas e equipamentos necessários nos sistemas foram uma roçadeira manual, uma balança para pesagem dos animais, um misturador de ração, uma geladeira e uma carroça.

Para cálculo de conservação e reparos considerou-se 2% do valor de cada benfeitoria por ano, com exceção das cercas, cuja taxa foi de 15% ao ano. Estabeleceu-se taxa de conservação e reparos de 10% do valor novo por ano para geladeira, misturador de ração, balança, roçadeira e carroça. A depreciação foi obtida pelo Método Linear (HOFFMANN et al., 1981), da seguinte forma:

$$\text{Depreciação} = \frac{(\text{valor inicial} - \text{valor final})}{\text{vida útil}} \quad (08)$$

Considerou-se como valor final do bem 10% do valor inicial para máquinas e equipamentos, 20% para as benfeitorias e 0% para as cercas. Para as benfeitorias considerou-se vida útil de 30 anos para aprisco e depósito e 15 anos para as

cercas, comedouro, saleiro, bebedouro, misturador de ração, geladeira e carroça. Para a roçadeira e a balança a vida útil estipulada foi de cinco anos.

Os custos com medicamentos e vacinação foram estimados com base no consumo anual do LAPOC/UFPR. Os custos com antiparasitários foram estimados com base nos dados oriundos do período experimental observado por Salgado (2010). O custo considerado para transporte e abate por animal foi de R\$ 4,00 e R\$ 15,00, respectivamente, sendo obtido por meio de orçamento em abatedouro. O custo com assistência técnica foi estipulado em 60% do salário mínimo regional (R\$ 472,80), sendo realizada seis visitas no ano. A mão de obra considerada foi a de um funcionário com um salário mínimo regional mensal de R\$ 788,00 mais encargos trabalhistas de 45,59% sobre o total anual (CONAB, 2010).

Baseado no valor médio do custo variável foi estimado o dispêndio de R\$ 10.000,00 para capital de giro de a taxa nominal de juros de 1,89% ao mês (a.m.), praticada pelo banco Caixa Econômica Federal a fundos de empréstimo de crédito. Os impostos e taxas considerados sobre a receita total foram: Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) na alíquota de 2,3% das receitas obtidas com venda de animais e 1% para taxas diversas como encargos para associações, contribuições sindicais, entre outras (CANZIANI, 2005). Calculou-se o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) na alíquota de 7% sobre a receita obtida com a venda de carne (PARANÁ, 2007).

Para estimativa do capital imobilizado considerou-se o valor total investido em benfeitorias, máquinas, equipamentos, rebanho e capital. Para estabelecer o custo de oportunidade do capital imobilizado optou-se por considerar a taxa de juros de mercado em 0,5% a.m. (valore referencial praticado pela Caderneta de Poupança) sobre o valor do total do capital investido. Os preços de venda foram estabelecidos com base naqueles praticados para a região de Curitiba-PR, sendo R\$ 17,00 o quilo da carcaça de cordeiro e R\$ 5,00 o quilo de peso vivo dos animais de descarte.

Foi realizado o demonstrativo do resultado do exercício (DRE) para um ano produtivo de um rebanho estabilizado, bem como análises pontuais como o custo unitário do quilo de carcaça de cordeiro produzida, custo operacional por matriz, cálculo de margem bruta (MB), margem líquida (ML), margem líquida operacional (MLO) e o ponto de equilíbrio (PE). No Quadro 7 são apresentadas as entradas de

custo do modelo, o período em que foram atribuídas, seu valor e uma breve descrição da mesma.

Quadro 7 – *Inputs* dos custos de produção do modelo de simulação híbrida – simulação baseada em agentes e simulação de eventos discretos, de um sistema de produção de ovinos de corte

Item		Período	Unidade	Valor	Descrição
1 – Custo variável					
a)	Flushing	Flushing	R\$ / matriz	0,21	Fornecido para matriz com escore condição corporal baixo no período pré-monte, por 30 dias.
b)	Suplementação	Gestação e lactação	R\$ / matriz	1,63	Fornecido para matrizes em terço final de gestação por 30 dias e 15 dias pós-parto.
c)	Anti-helmíntico	Mantença gestação e lactação	R\$ / mL	0,33	Dose de anti-helmíntico (1 mL / 25 kg) x peso da matriz. Administrado a matrizes com Famacha alto.
d)	Vacina de clostridiose	Gestação e lactação	R\$ / animal	0,83	Matrizes são vacinadas 30 dias antes do parto. Cordeiros recebem doses aos 30 e 60 dias de vida.
e)	Identificação animais	Mantença	R\$ / animal	1,50	Identificação das cordeiras de reposição.
f)	Abate	Terminação	R\$ / animal	19,00	Transporte + taxa de abate
g)	Impostos	Terminação	% receita	10,3	GPS/INN (2,3%) + Funrural (1%) + ICMS (7%) x quantidade de carne comercializada x preço pago pelo kg da carne
2 – Custos fixos operacionais					
h)	Manejo pasto	Anual	R\$ / ano	10.999,02	Roçadas, adubação e semeadura.
i)	Mão de obra permanente	Anual	R\$ / ano	9.814,38	Salário mínimo + encargos trabalhistas
j)	Assistência técnica	Anual	R\$ / ano	2.836,80	Honorários equivalentes a seis visitas técnicas anuais.
l)	Medicamentos	Anual	R\$ / ano	1.800,00	Materiais de higiene e limpeza em geral.
m)	Energia elétrica	Anual	R\$ / ano	240,00	Consumo médio anual para fabricação de ração.
n)	Conservação e reparos de equipamentos e benfeitorias	Anual	R\$ / ano	7.232,09	Cercas, bebedouros, aprisco, roçadeira, balança, misturador de ração, etc.
o)	Depreciação	Anual	R\$ / ano	6.134,86	Benfeitorias, maquinários e equipamentos.
p)	Juros	Anual	R\$ / ano	338,27	1,89% sobre o capital de giro
3 – Custo de oportunidade do capital imobilizado					
q)	Custo de oportunidade do capital investido	Anual	R\$ / ano	167.285,59	Renda dos fatores de produção: benfeitorias, maquinários, equipamentos, rebanho e capital
4 – Receita					
r)	Preço mutton	Terminação	R\$ / kg	5,00	Carne de animais adultos
s)	Preço carcaça	Terminação	R\$ / kg	17,00	Carne de cordeiro

Fonte: dados da pesquisa.

Para as análises de longo prazo²⁴, maior que um ciclo produtivo, elaborou-se fluxos de caixa anual para o horizonte de 30 anos. No ano zero atribuiu-se o valor do investimento total na atividade como saída de caixa inicial (investimento). Do primeiro ano ao 30º ano o fluxo de caixa líquido (FCL) foi obtido deduzindo-se da receita total (recebimento) os custos variáveis e fixos, sem debitar o custo de oportunidade do capital imobilizado. À medida que as benfeitorias, máquinas e equipamentos chegavam ao fim da sua vida útil a venda das mesmas, pelo valor residual, foi contabilizado como receita. Considerou-se o custo com a depreciação, desse modo não foi considerado o custo de novos investimentos em bens e equipamentos sucateados. Os animais de descarte e cordeiros para terminação foram contabilizados como carne comercializada, gerando receita na forma de carne de *Mutton* e cordeiro, respectivamente. Contudo, no ano 30, considerou-se a venda de todo o rebanho pelo valor cheio²⁵, ou seja, matrizes, borregas e reprodutores foram vendidos pelos valores de mercado, sendo subtraídas desse montante as despesas do ano vigente. A viabilidade financeira do projeto foi analisada por meio dos indicadores de rentabilidade VPL, TIR e *Payback* simples (PB).

Os cálculos das margens (MB, ML e MLO), do PE e dos custos (CV, CF e COP) foram realizados utilizando o modelo de simulação desenvolvido no programa AnyLogic. A TIR, VPL e o PB foram calculados utilizando o programa Microsoft Excel 2013 (Figura 10). Optou-se em não utilizar o modelo de simulação para os cálculos de longo prazo, visto que, até o momento, o modelo não permite a avaliação dinâmica dos coeficientes econômicos e produtivos em rebanhos não estabilizados. Contudo, os resultados das margens e o histograma de evolução do rebanho, obtidos no modelo de simulação, serviram de base para o cálculo desses indicadores.

²⁴ A expressão “longo prazo” na tese não deve ser confundida com o conceito de longo prazo para a Teoria Econômica. Longo prazo no presente estudo remete a alteração do número de matriz no rebanho, mas mantém o custo fixo.

²⁵ Valor comercial médio praticado de R\$ 600,00 para matrizes e R\$ 1.500,00 para reprodutores.

Figura 10 – Esquema utilizado na elaboração dos fluxos de caixa líquido

Fonte: dados da pesquisa.

Para o Experimento 2, que avaliou como o tamanho inicial do rebanho e critérios de descartes poderiam impactar no tempo de estabilização do rebanho, foram elaborados fluxos de caixas individuais para cada cenário e variação. O cenário E_2C_1 , que estuda a evolução do rebanho alterando o número do plantel inicial de matrizes em 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 350, considerou-se a utilização de rendimentos constantes à escala, o que significa dizer que o aumento no número de matrizes no rebanho até a sua capacidade máxima de 400, não implica na redução do produto marginal. Em outras palavras, os coeficientes técnicos foram mantidos fixos. Para cada tamanho de plantel inicial simulado (50 a 350 matrizes) foi calculado o investimento financeiro equivalente em rebanho, admitindo-se porém o mesmo investimento em terra, equipamentos e benfeitorias que comportassem futuramente o rebanho estabilizado de 400 matrizes.

Utilizaram-se os histogramas de evolução de rebanho (Figura 11) para verificar como o rebanho cresceria ano após ano até a sua estabilização.

Figura 11 – Exemplo de histograma da evolução de rebanho

Fonte: dados da pesquisa.

Por exemplo, caso o histograma revelasse que um rebanho – com plantel inicial de 50 matrizes – levasse dez anos para se estabilizar, seria averiguado como é feito o incremento em número de matrizes ano a ano até atingir as 400 matrizes. De posse dessa informação são modelados, individualmente, ano a ano os cenários anuais (estáticos) com número correspondente de matrizes e computados os resultados econômicos. Esses resultados – custo operacional e receita total – compõe o FLC. Esse procedimento é repetido até a estabilização do rebanho. Quando o rebanho atinge sua estabilização antes do horizonte previsto no FCL (30 anos), o último ano é então repetido até o 30º ano do FCL, quando isso não ocorre o FCL termina arbitrariamente no ano 30.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO

Na sequência proposta por Montevechi et al. (2010) a implementação corresponde à criação do modelo computacional, ou seja, codifica-se o modelo conceitual numa linguagem de simulação apropriada (CHWIF; MEDINA, 2010). Para essa fase foi utilizado o *software* AnyLogic® versão 7 licença estudantil.

A seguir são apresentados nas figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 as telas do modelo desenvolvido no *software* AnyLogic. Na Figura 12 está delineada a linha de processos nos quais os agentes são submetidos *flushing*, monta, repasse e diagnóstico de gestação.

Figura 12 – Linha de processos do modelo

Fonte: dados da pesquisa.

Animais que não necessitam de *flushing* esperam o término do mesmo para a realização da monta. Após a monta é verificado quais matrizes foram marcadas (cobertas pelo carneiro). Caso ela não tenha sido marcada ela é direcionada para o repasse. Após o término do repasse há um *delay* (atraso) de tempo até a realização

do diagnóstico. Para a realização da monta é feita a verificação das matrizes na manutenção que estão aptas para irem para a monta (Figura 13A), depois verifica-se o número de carneiros necessários e os envia para a monta (Figura 13B) e, por fim, retira-se o(s) carneiro(s) da monta (Figura 13C).

Figura 13 – Action charts do processo de monta do modelo

Fonte: dados da pesquisa.

A monta também é regulada pela interação entre os agentes: carneiros (Figura 14A) e ovelhas (Figura 14B), através dos diagramas de estados (*State Chart*). Esta interação entre agentes é um exemplo clássico da simulação baseada em agentes, tendo a alteração de estado baseada na interação ou não entre os agentes.

Figura 14 – State charts dos carneiros (A) e das ovelhas (B) para o processo de monta do modelo

Fonte: dados da pesquisa.

O comportamento dos carneiros e das ovelhas foram modelados da seguinte forma: 1) os carneiros e as ovelhas são recrutados (*Action chart* “fazLoteMonta” – Figura 13B) e permanecem no estado “monta” do diagrama de estados do carneiro (Figura 14A) e da ovelha (Figura 14B). As ovelhas podem ou não apresentar cio, caso apresentem elas saem do estado de “naoCio” e podem ou não ir para o estado “receptiva”. Caso estejam no estado “receptiva”, ela irá alterar seu estado de “cobrindo” ou “naoCobrindo” de acordo com a disponibilidade do carneiro: se este estará ocupado “cobrindo”, “rufiando” ou “descansando”. Os mesmos *Action charts* e *State charts* são utilizados para o período de repasse. O carneiro deixa o estado de “monta” após o final da monta da ovelhas e é retirado desse estado através do *action chart* “acabaMontaCarneiros” (Figura 13C).

No bloco de processo do diagnóstico gestacional (Figura 12) é sorteado se a ovelha ficou ou não gestante. Caso ela tenha ficado gestante ela sai do estado “naoPrenha” e entra no estado “prenha” (Figura 15).

Figura 15 – *State chart* do período gestacional da ovelha no modelo

Fonte: dados da pesquisa.

Quando no estado “prenha” as ovelhas permanecem no estado “esperaConfinamento”. Quando, ao contar do início da monta, tenham se passado 120 dias todas as matrizes entram em “confinamento” e por lá permanecem até o final da gestação. Essa medida foi tomada no intuito de configurar a entrada no terço final de gestação das matrizes e para coincidir com o manejo adotado pelo

LAPOC/UFPR. Durante o estado de “confinamento” a ovelha pode ou não apresentar toxemia gestacional. Para casos positivos a ovelha deixa o estado “saúdável”, entra no estado de “toxemia” e vai a óbito. O aborto pode acontecer a qualquer momento durante a gestação e, caso aconteça, a ovelha é redirecionada para o estado “naoPrenha”. A transição “vaiParto” é acionada quando, individualmente, a matriz atingir 150 dias de gestação, entrando no estado “emParto”. Dentro do estado “emParto” o *action chart* “parto” (Figura 16) é acionado.

Figura 16 – *Action chart* do momento do parto das ovelhas

Fonte: dados da pesquisa.

No *action chart* “parto” é definido se a matriz irá ter mastite, quantos cordeiros (“filhos”) ela terá, o sexo dos cordeiros, se a matriz necessitará de auxílio e se a mesma poderá morrer no parto. Caso a ovelha não morra no parto então “Nascem os filhos”. Ao nascerem os cordeiros é criado um novo agente temporário dentro do modelo (Figura 17).

Figura 17 – State charts da vida do cordeiro do nascimento à terminação no modelo

Fonte: dados da pesquisa.

No modelo foi atribuído um estado para o cordeiro durante a sua fase fetal, “noUtero”. Nesse estado o cordeiro recebe as informações se foi ou não abortado e se morreu ou não no parto. Caso ele nasça, ele migra para o estado “cordeiro” que abrange os outros estados “lactacao” e “terminacao”. Quando em “lactacao” o cordeiro permanece ganhando peso de acordo com o período até atingir 18 kg de peso vivo. Durante sua permanência nesse estado, lhe é atribuída a probabilidade de morrer nos primeiros cinco dias de vida e após esse período a probabilidade de morrer em quanto estiver nesse estado. Ao atingir o peso de transição, o cordeiro migra para o próximo estado “terminacao”, lhe sendo também atribuído um ganho médio de peso diário para o período e a probabilidade vir a óbito. A saída do cordeiro desse estado ocorre ao atingir o peso de abate ou ao atingir 150 dias de vida, sendo compulsória a sua saída.

Para as fêmeas, ao atingirem o peso de abate, é verificado o tamanho do rebanho e se há necessidade de reposição de matrizes. Caso haja necessidade de repor matrizes, ou o rebanho ainda esteja em crescimento, apenas as cordeiras excedentes são destinadas ao abate. A cordeira de reposição migra para o estado “borrega”, onde é computado outro ganho médio de peso diário, e permanece nesse

estado até atingir o peso determinado para monta (70% do peso adulto – equivalente a 58 kg). Ao atingir o peso, a cordeira é então redirecionada para o estado “manutença” e por lá permanece até ser recrutada na próxima estação de monta. No estado “aguardaAbate” o *action chart* “abate” (Figura 18) é acionado.

Figura 18 – *Action chart* para contabilização dos cordeiros disponíveis para serem abatidos no modelo

Fonte: dados da pesquisa

Durante a execução do *action chart* “abate” são verificados quantos animais estão prontos para serem abatidos. A cada 20 cordeiros “terminados” é realizado o abate. Caso o último lote de animais seja menor do que 20, o abate é realizado do mesmo modo. Ao final de cada ano os contadores são reiniciados, para que seja possível de se mensurar a eficiência do sistema em produzir cordeiros para carne. Ao final de cada ano são registradas as estatísticas e análises desejadas e na sequência dá-se início a outro período de preparação das matrizes para monta.

Feita a construção do modelo computacional o mesmo precisou ser verificado e validado. A validação do modelo de simulação e de seus cenários é um passo bastante importante e, de acordo com Pegden, Shannon e Sadowski (1995), a

validação é o processo pelo qual se pretende alcançar um nível aceitável de confiança nas premissas adotadas no modelo, de modo que elas sejam corretas e aplicáveis no mundo real. Segundo Freitas Filho (2008, p. 140):

[...] Uma vez que uma série de pressupostos e simplificações sobre o comportamento do sistema real costuma ser realizada no desenvolvimento do modelo, qualquer tomada de decisão com base em seus resultados deve ser precedida de uma avaliação de sua qualidade e apropriação.

O autor categoriza essa fase em duas etapas. A primeira consiste em avaliar se esses pressupostos e essas simplificações foram corretamente implementados no modelo, consiste na verificação do mesmo. A segunda parte remete à validação do modelo, onde resta saber se, apesar dos pressupostos e das simplificações, o modelo ainda se comporta à semelhança do sistema real.

Segundo Jain (1991) um modelo de simulação computacional pode se encontrar em quatro categorias: 1) não validado e não verificado; 2) não validado e verificado; 3) validado e não verificado; 4) validado e verificado. Para a verificação pode-se utilizar de ferramentas como o uso de modelos determinísticos – como as planilhas de cálculo de custo e rentabilidade da produção; variação nos dados de entrada, ou seja, alterações nos dados de entrada devem surtir o mesmo comportamento nos dados de saída; aplicação de testes de continuidade, ou seja, realizam-se várias rodadas de simulação do mesmo modelo e a cada rodada aplica-se uma pequena alteração a fim de verificar se ocorrem alterações radicais; emprego de teste de robustez, que ao contrário do teste de continuidade, procura verificar o funcionamento sobre valores extremos do que os permitidos (SARGENT, 2007).

Já o processo de validação do modelo considera que o modelo, se corretamente implementado, tenha um comportamento e produza resultados semelhantes àqueles observados nos sistemas reais. Contudo, Freitas Filho (2008) ressalva que, por questões práticas, é quase que impossível de se obter um modelo que tenha um comportamento idêntico ao sistema real e que, na grande maioria das vezes, o objetivo com o modelo de simulação é de analisar e observar a atuação do sistema e não a sua representação fidedigna.

Assim, para a verificação do modelo foi desenvolvida uma planilha de análise econômico-financeira de carácter estático e determinístico, utilizando o programa Microsoft Excel versão 2013. Os valores foram os mesmos utilizados na elaboração dos *inputs* do modelo de simulação, porém estes não computam as distribuições e trabalha com percentuais absolutos. Foi realizado então o teste de aderência do modelo. As Tabelas 6 e 7 correspondem aos comparativos realizados para avaliar os desvios em relação ao modelo determinístico – desenvolvido em Excel, e o modelo de simulação, referente as variáveis ligadas as matrizes (Tabela 6) e aos cordeiros (Tabela 7).

Tabela 6 – Comparativo das variáveis ligadas ao agente *matriz* entre os modelos determinístico e de simulação

Variáveis	Unidade	Cenário determinístico		Cenário Simulação ¹		Desvio (B - A) A
		(A)		(B)		
<i>Matrizes</i>		%	n	%	n	
Número inicial ovelhas	Animal	-	400	-	400	1,00
Número cordeiras	Animal	-	150	-	144	0,96
Número borregas ²	Animal	-	250	-	256	1,02
Número matrizes ³	Animal	0,840	341,00	0,832	273,18	0,99
Taxa de cobertura média	%	0,870	317,13	0,903	246,65	1,04
Taxa de fertilidade média	%	0,020	6,34	0,019	4,62	0,95
Taxa de aborto média	%	0,015	4,76	0,015	3,66	1,00
Toxemia da gestação	%	0,005	1,53	0,007	0,99	1,40
Mastite	%	0,100	18,12	0,099	23,47	0,99
Auxílio ao parto	%	0,010	0,99	0,011	2,18	1,10
Mortalidade ao parto	%	0,968	-	1,074	-	1,11
Taxa de natalidade ⁴	%	0,040	16,00	0,049	16,02	1,23
Mortalidade manutenção	%	0,095	39,91	0,103	33,72	1,08
Descarte de fêmeas adultas	%	1,359	431,00	1,430	352,71	1,05
Prolificidade ⁵	Índice	-	400	-	400	1,00

Fonte: dados da pesquisa.

¹Média de 100 repetições; ²Borregas aptas para monta; ³Matrizes aptas para monta; ⁴Número de cordeiros nascido, vivos ou mortos, pelo número de matrizes expostas a monta; ⁵Número de cordeiros nascidos, vivos ou mortos, pelo número de matrizes que ficaram gestantes.

Tabela 7 – Comparativo das variáveis ligadas ao agente *cordeiro* entre os modelos determinístico e de simulação

Variáveis	Unidade	Cenário determinístico		Cenário Simulação ¹		Desvio
						(B - A)
		(A)	(B)			A
<i>Cordeiro</i>						
		%	n	%	n	
Natimortalidade	%	0,0400	18	0,050	17,72	1,25
Mortalidade neonatal	%	0,0312	14	0,055	19,33	1,76
Mortalidade lactação	%	0,0408	17	0,036	12,57	0,88
Mortalidade na terminação	%	0,0100	5	0,008	2,83	0,80
Mortalidade geral cordeiros	%	0,1220	54	0,149	52,45	1,22
Idade média ao desmame	Dias		50	-	53	1,06
Peso das crias ao abate - macho	Kg	-	40,000	-	39,761	0,99
Peso das crias ao abate - fêmea	Kg	-	40,000	-	39,422	0,99
Idade média de abate - macho	Dias	-	143	-	145	1,02
Idade média de abate - fêmea	Dias	-	148	-	154	1,04
Cordeiras para reposição	Animais	-	39,91	-	55,58	1,39
<i>Carne de cordeiro</i>						
Cordeiros abatidos	Animais	336,09	0,89	0,681	240,5	0,72
Rendimento das carcaças	%	-	-	-	63,8	
Peso médio das carcaças frias	Kg	46,0%	-	45,2%	-	0,98

Fonte: dados da pesquisa.

¹Média de 100 repetições

Na Tabela 8 estão dispostos os resultados referentes às análises econômico-financeiras realizadas através do modelo em Excel e do modelo de Simulação.

Tabela 8 – Comparativo dos desvios das análises econômico-financeiras entre os modelos determinístico e de simulação

Variáveis	Unidade	Cenário determinístico (A)	Cenário Simulação ¹ (B)	Desvio (B - A) A
<i>Custos</i>				
Custo variável	R\$	45.942,38	33.779,27	0,74
Custo fixo	R\$	40.320,51	40.320,51	1,00
Custo operacional	R\$	86.262,89	74.099,78	0,86
Custo total	R\$	105.473,25	92.319,69	0,88
<i>Receitas</i>				
Carne de cordeiro e de mutton	R\$	114.139,47	87.351,32	0,77
<i>Margens</i>				
Margem bruta	R\$	68.197,09	52.573,05	0,77
Margem líquida	R\$	8.666,23	- 4.968,37	-0,57
Margem líquida operacional	R\$	27.876,58	13.251,54	0,48
Ponto de equilíbrio para CT ²	%	92,4%	106,0%	1,15
Ponto de equilíbrio para CO ³	%	76.6%	85.2%	1.13

Fonte: dados da pesquisa.

¹Média de 100 repetições; ²CT: Custo total; ³COP:Custo operacional.

O modelo de simulação híbrido proposto nesta tese apresentou-se aderente aos dados de entrada e saída. Observou-se que, das variáveis ligadas aos agentes

matriz e cordeiro, apenas uma variável apresentou desvio inferior à 80% e que um terço das variáveis superestimam²⁶ os dados de entrada. Acredita-se que esse comportamento se deva à possibilidade de o modelo de simulação atribuir maior variabilidade e interação entre as variáveis, acarretando a diferença observada. Para os parâmetros financeiros a divergência entre os modelos determinísticos e de simulação foram expressivos. Tal fato era esperado visto a presença do desvio nos *inputs* do modelo a exemplo o número de matrizes a serem descartadas – que altera a receita com carne de mutton e custos com abate das mesmas, custos com sanidade, mortalidade de cordeiros x números de cordeiros a serem abatidos, peso ao abate, entre outros.

De acordo com Balci (1994); Sargent (1994) e Pidd (1996) a análise e a validação de modelos por parte de especialistas é a melhor e a mais simples forma de validá-los. O processo de validação segundo Freitas Filho (2008), na prática, deve ser iniciado na fase de concepção estendendo-se até a fase de experimentação. O modelo aqui apresentado foi desenvolvido seguindo essa premissa e realizando consultas rotineiras junto à especialistas da área, no intuito de apresentar a ferramenta e os resultados obtidos para verificação e validação. O modelo foi considerado verificado e validado.

4.3 ANÁLISE

Após a verificação e validação do modelo foram executados os experimentos e seus respectivos cenários. O modelo de simulação configura um modelo “não terminal”, ou seja, não possui um tempo exato para terminar, sendo de interesse o desenvolvimento do estudo no período em que a simulação está em regime permanente (CHWIF; MEDINA, 2010). Assim, foi realizado o *warm-up* de sete anos para que o modelo pudesse entrar em um estado próximo daquele esperado em regime permanente, ou seja, que fosse capaz de computar matrizes de diferentes idades e com idades para realização do descarte (sete anos) (Figura 19).

²⁶ Desvio superior a 110%, aqui considerado.

Figura 19 – Histograma da idade média inicial do rebanho após período de *warm up*

Fonte: dados da pesquisa.

Os dados de saída oriundos do período de *warm-up* não foram utilizados nas análises dos experimentos e cenários. Para cada cenário proposto foram feitas análises de sensibilidade no intuito de analisar o comportamento das variáveis. Para isso foram estabelecidos a amplitude de variação dos parâmetros e submetidos à análises de regressão (Quadro 8).

Quadro 8 – Amplitude de variação das análises de sensibilidade dos experimentos e cenários estudados no modelo de simulação

(continua)

Cenários	Descrição	Valores originais	Amplitude de variação ¹
E ₁ C ₁	Aumento / Redução na taxa de cobertura das fêmeas ovinas.	Matrizes: 89% Borregas: 79%	± 10 pp ² , variando a cada 1 pp.
E ₁ C ₂	Aumento / Redução na taxa de fertilidade das fêmeas ovinas.	Matrizes: 93% Borregas: 81%	± 10 pp, variando a cada 1%.
E ₁ C ₃	Aumento / Redução na proporção macho:fêmea.	1:50	1:50 a 1:400, variando a cada 20 matrizes.
E ₁ C ₄	Aumento / Redução na incidência de partos simples.	Matrizes: 46% Borregas: 84%	± 50 pp, variando a cada 5 pp. Borregas não se alteram.
E ₁ C ₅	Aumento / Redução na incidência de abortos por matrizes.	2%	± 20 pp, variando a cada 1 pp.
E ₁ C ₆	Aumento / Redução na taxa de natimortalidade de cordeiros.	4%	± 15 pp, variando a cada 1 pp.
E ₁ C ₇	Aumento / Redução na taxa de mortalidade neonatal de cordeiros.	3% - parto eutócito ³ 2,6% - parto com auxílio 15% - matriz com quadro de mastite	± 20 pp, variando a cada 1 pp, a partir da percentagem observada para parto eutócito ⁴ .

(conclusão)

Cenários	Descrição	Valores originais	Amplitude de variação
E ₁ C ₈	Aumento / Redução na taxa de mortalidade de cordeiros na lactação.	4% 20% - matriz com quadro de mastite	± 15 pp, variando a cada 1 pp ⁵ .
E ₁ C ₉	Aumento / Redução na taxa de mortalidade de cordeiros na terminação.	1%	± 20 pp, variando a cada 1 pp.
E ₁ C ₁₀	Não descarte da matriz com mais de seis anos.	Idade > 6 anos	Não descarte.
E ₁ C ₁₁	Não descarte da matriz infértil.	Infertilidade > 2 anos seguidos	Não descarte.
E ₁ C ₁₂	Aumento / Redução no ganho médio de peso diário de cordeiros.	0,230 kg/dia	Variação entre 0,180 a 0,370 kg/dia, variando a cada 0,010 kg /dia.
E ₂ C ₁	Alteração do número de matrizes inicial.	400 matrizes ⁶	50 a 400 matrizes, variando a cada 50 matrizes.
E ₂ C ₂	Alteração nos critérios de descarte de matriz por idade e infertilidade.	Com descarte	Sem descarte de cada variável individualmente e em conjunto, para rebanhos de 50 a 400 matrizes, variando a cada 50 matrizes.
¹ As amplitudes de variação das variáveis estudadas não ultrapassaram os 100% ou 0%; ² pp: pontos percentuais; ³ Parto normal sem intervenção cirúrgica, mecânica e/ou farmacológica; ⁴ Foi preconizada a variação de três vezes mais para cordeiros nascidos de matrizes com quadro de mastite; ⁵ Foi preconizada a variação de cinco vezes mais para cordeiros nascidos de matrizes com quadro de mastite; ⁶ Rebanho estabilizado. Fonte: dados da pesquisa.			

Segundo Freitas Filho (2008), de maneira geral, a coleta de dados para a composição de uma amostra a partir da simulação de um modelo pode ser realizada de duas formas: fazendo o uso das observações individuais dentro de cada replicação ou realizando n simulações (replicações). Neste estudo foi escolhida a segunda opção e realizadas 100 replicações para cada experimento e cenário. Os resultados obtidos com a execução dos cenários serão descritos nos capítulos seguintes.

5 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS E CENÁRIOS

Analizando o histograma das margens de contribuição (margem bruta, MB, margem líquida operacional, MLO, e margem líquida, ML) (Figura 20) do Experimento 1– avaliação de um ciclo produtivo, foi possível observar que o sistema de produção de ovinos proposto não se apresentou economicamente interessante quando computados todos os custos de produção.

Figura 20 – Histograma das margens líquida, margem líquida operacional e margem bruta do sistema de produção de ovinos de corte proposto no modelo de simulação

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: Histograma em azul: função da distribuição de probabilidade (FDP) da margem líquida; Histograma em rosa: PDF da margem líquida operacional; Histograma em verde: PDF margem bruta; Linhas verticais cinzas correspondem a média da amostra; Linhas coloridas em azul escuro, rosa escuro e verde escuro correspondem a função cumulativa de distribuição (FCD) dos dados. Os percentis baixo e alto (5%) estão destacados em coloração diferente do FDP de cada margem.

O histograma apontou que a média para a ML foi de R\$ - 4.124,31 $\pm$ R\$ 3.3819,39 e que, com 95% de probabilidade, os valores observados estavam entre R\$ -13.475,80 a R\$ 3.055,40 (Figura 21A). Contudo, a MLO não apresentou resultados financeiros abaixo de zero (Figura 21B), sendo a média observada de R\$ 14.091,09 $\pm$ R\$ 3.873,02, tendo 95% de probabilidade dos valores estarem entre R\$ 11.741,80 e R\$ 21.389,80.

Figura 21 – Histograma das margens líquida (A) e margem líquida operacional (B) do sistema de produção de ovinos de corte proposto no modelo de simulação

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: Histograma em azul: função da distribuição de probabilidade (FDP) da margem líquida; Histograma em rosa: PDF da margem líquida operacional; Linhas verticais cinzas correspondem a média da amostra; Linhas coloridas em azul escuro e rosa escuro correspondem a função cumulativa de distribuição (FCD) dos dados. Os percentis baixo e alto (5%) estão destacados em coloração diferente do FDP de cada margem.

Vale ressaltar que a utilização da MLO não considera os custos de oportunidade do capital investido, logo a premissa econômica onde todos os fatores de produção (terra, bens e capital) devam ser remunerados não estão sendo atendidos. O custo de oportunidade do capital é uma medida de referência para a avaliação de remuneração de capital de investimento. Lauría (2008, p. 285) explica que o custo de oportunidade “representa o quanto de ganho seria atribuído a um investimento, caso fosse feito em outro negócio ou outra aplicação alternativa”. Significa que, para merecer atenção do investidor, um projeto de investimento que requer capital precisa trazer uma rentabilidade pelo menos igual ao retorno que teria em alternativa com nível de risco similar (LAURIA, 2015).

O custo de oportunidade, apesar de conter em sua expressão a palavra “custo”, apresenta natureza diversa dos custos normalmente tratados pela contabilidade (GOULART, 2002). Segundo Goulart (2002) uma das dificuldades para a compreensão do conceito reside justamente nessa característica de um custo que “não é bem um custo”. Este custo representa o lucro que deixa de ser obtido rejeitando-se alternativas; portanto, os custos de oportunidade não envolvem receitas ou dispêndios de caixa (HORNGRAN, 1985). Assim, quando analisado o demonstrativo do resultado do exercício (DRE) do modelo de simulação o lucro líquido na atividade é atingido, ou seja, os custos estão sendo cobertos pela receita e gerando superávit financeiro em 100% dos casos (Tabela 9).

Tabela 9 – Demonstrativo do resultado do exercício de um ano produtivo do sistema de produção de ovinos de corte simulado

Demonstrativo do resultado do exercício	R\$ / ano
<i>Receita operacional bruta</i>	
Venda de carne do cordeiro	73.233,24
Venda de matrizes de descarte	14.080,27
(-) Deduções da receita bruta	
Impostos	8.993,292
<i>Receita operacional líquida</i>	78.320,22
(-) Custos das vendas	
Custos com o abate	5.208,66
Custos com alimentação	18.488,46
Custos com sanidade	815,54
<i>Resultado operacional bruto</i>	53.486,52
(-) Despesas operacionais	
Custo com mão de obra permanente	9.814,38
Custo com manejo de pastagem	10.999,02
Custo com assistência técnica	2.836,80
Custo com medicamentos	1.800,00
Custo com energia elétrica	240,00
Custo com manutenção	7.232,09
Custo com depreciação	6.134,86
Custo com juros capital de giro	338,27
<i>Lucro líquido</i>	14.091,10
(-) Custo de oportunidade do capital investido	18.215,41
<i>Resultado líquido do exercício</i>	-4.124,31

Fonte: dados da pesquisa.

Dentre os custos de produção a alimentação foi o maior contribuinte (25,2%) para os custos operacionais (R\$ 73.22,41), corroborando com os achados na

literatura (BARROS et al., 2009a,b; STIVARI et al., 2013; RAINERI; STIVARI; GAMEIRO, 2015). Raineri, Stivari e Gameiro (2015), analisando a elasticidade dos custos de produção de ovinos de corte, relataram margens de contribuição superiores (63%) para a alimentação e incremento elástico positivo e superior aos demais custos.

O custo com sanidade apresentou-se baixo (1,11%) em relação aos custos operacionais. Essa baixa contribuição está diretamente relacionada à distribuição de ocorrência de animais com elevado grau *Famacha*. Em média o modelo simulou a ocorrência de 292 casos – 1 vermifugação a cada 0,73 ovelhas, no ano produtivo, valor este real ao ambiente de produção de ovinos do LAPOC/UFPR, que possui excelente padrão e controle sanitário do rebanho. Ainda assim, Raineri, Stivari e Gameiro (2015) apontam o uso de anti-helmínticos como um dos menores fatores que impactam a elasticidade dos custos de produção na ovinocultura. Contudo, entende-se que o componente sanitário do modelo teve sua forma de modelagem simplificada. Entretanto, acredita-se que com a utilização de submodelos que agregassem maior flexibilidade à variável quanto à seleção genética por animais resistentes, critérios de manejo de pastagem e de instalações, por exemplo, o conhecimento sobre a variável poderá ser refinado e as análises aprimoradas.

Viana e Silveira (2009) classificam a taxa de desfrute, aqui denominada como taxa de abate, como o indicador produtivo que influencia diretamente os custos por quilograma de peso vivo. Quanto maior o desfrute menor o custo de produção. A média de cordeiros abatidos observada no modelo foi de 240 animais, com mínimo de 199 e máximo de 291 (Figura 22), sob os parâmetros modelados, configurando taxa média de abate²⁷ de $68,4\% \pm 3,9\%$.

Figura 22 – Histograma do número de cordeiros abatidos para um ano produtivo simulado

Fonte: dados da pesquisa.

²⁷ Taxa de abate: número de corderos abatidos em relação ao número de cordeiros nascidos vivos.

Os autores ainda destacam que intervenções que almejem auferir ou modificar os custos produtivos devem estar atentas aos índices de desfrute da produção. O custo operacional médio de produção do quilo de carcaça comercializada foi de R\$ 13,77, atingindo ponto de equilíbrio a 84,1% da produção, ou seja, o sistema produtivo opera no limiar mínimo de possibilidade de lucro da atividade. Quando os cálculos são realizados com o custo total de produção o ponto de equilíbrio total ultrapassa os 100%, ou seja, a produção não é suficiente para compensar os custos produtivos.

Ao analisar os cenários propostos para o Experimento 1, primeiramente observando as variáveis ligadas à matriz (cenários C₁ a C₅) (Tabela 10), que impactassem a taxa de abate foi observada maior resposta linear para a taxa de abortos (Taxa de abate (%) = 0,6949 - 0,7731 * Aborto, R²-ajustado = 99,1%). O aumento da taxa de aborto em rebanho estabilizado está comumente relacionado a surtos de doenças infecciosas como *Toxoplasma gondii* (Toxoplasmose), *Chlamydia psittach* (Aborto Enzoótico) e *Campylobacter fetus* (Vibriose), por exemplo. Quando o componente infeccioso não é o agente causador, a incidência de abortos costuma ocorrer de forma esporádica e decorrente de pancadas, estresse elevado durante o cascarreio²⁸, administração de fármacos não indicados para o período gestacional, manejo nutricional equivocado e brigas entre animais. Tais fatores estão intimamente relacionados à baixa qualidade e tecnificação da mão de obra e abrigo inadequado (localização, tamanho) no pré-parto – que levam a superlotação e maior probabilidade de brigas entre animais.

Tabela 10 – Análise dos cenários propostos em relação à taxa de abate para as variáveis ligadas à matriz

Cenários	Equação	R ² *	t (a)	t (x)
E ₁ .C ₁	Taxa de abate (%) = 0,4793 + 0,2365 * Taxa cobertura	89,5%	32,3	13,4
E ₁ .C ₂	Taxa de abate (%) = 0,4410 + 0,2592 * Taxa de fertilidade	92,5%	29,7	15,7
E ₁ .C ₃	Taxa de abate (%) = 0,6960 - 0,0002 * Proporção macho:fêmea	61,5%	70,5	-5,6
E ₁ .C ₄	Taxa de abate (%) = 0,7136 - 0,0008 * Parto simples	95,1%	288,9	-20,2
E ₁ .C ₅	Taxa de abate (%) = 0,6949 - 0,7731 * Aborto	99,1%	351,7	-50,2

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E₁: Experimento um – avalia um ano produtivo; C₁: avalia alterações na taxa de cobertura das matrizes; C₂: avalia alterações na taxa de fertilidade das matrizes; C₃: avalia alterações na proporção macho:fêmea; C₄: avalia alterações na incidência de partos simples; C₅: avalia alterações na taxa de aborto; *R²-ajustado; t: Teste t de Student.

²⁸ Cascarreio também conhecido como tosquia higiênica pré-parto. Procedimento adotado em fêmeas ovinas lanadas um mês antes do parto para retirar sujidades e tornar o parto mais higiênico.

Ao analisar os cenários inerentes as variáveis ligadas aos cordeiros (C_6 a C_9) (Tabela 11) foi evidenciado maior resposta linear para a taxa de mortalidade neonatal (Taxa de abate (%) = $0,7255 - 1,5931 * \text{Mortalidade neonatal}$, R^2 -ajustado = 99,1%), ou seja, o período crítico que mais afeta a taxa de abate, do nascimento até a fase de terminação, são nos primeiros cinco dias de vida.

Tabela 11 – Análise dos cenários propostos em relação à taxa de abate para as variáveis ligadas ao cordeiro

Cenários	Equação	R^2 *	t (a)	t (x)
$E_1.C_6$	Taxa de abate (%) = $0,7148 - 0,8697 * \text{Natimortalidade}$	99,4%	436,9	-59,0
$E_1.C_7$	Taxa de abate (%) = $0,7255 - 1,5931 * \text{Mortalidade neonatal}$	99,5%	232,1	-68,4
$E_1.C_8$	Taxa de abate (%) = $0,7154 - 0,8827 * \text{Mortalidade lactação}$	99,2%	269,2	-50,6
$E_1.C_9$	Taxa de abate (%) = $0,6894 - 0,8507 * \text{Mortalidade terminação}$	99,6%	480,3	-72,7
$E_1.C_{12}$	Taxa de abate (%) = $0,6599 + 0,0917 * \text{Ganho de peso diário}$	72,4%	182,8	7,1

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E_1 : Experimento um – avalia um ano produtivo; C_6 : avalia alterações na taxa de natimortalidade de cordeiros; C_7 : avalia alterações nas taxas de mortalidade neonatal; C_8 : avalia alterações nas taxas de mortalidade na lactação; e C_9 : avalia alterações nas taxas de mortalidade na terminação; C_{12} : avalia alterações no ganho médio de peso diário dos cordeiros; * R^2 -ajustado; t: Teste t de Student.

Considerando que a ocorrência de aborto não seja uma realidade dentro da propriedade, e observando novamente os fatores ligados ao agente matriz que afetam a taxa de abate, notou-se a taxa de fertilidade como segundo componente de maior impacto (Taxa de abate (%) = $0,441 + 0,2592 * \text{Taxa de fertilidade}$, R^2 -ajustado = 92,5%), porém ainda inferior ao observado para a mortalidade neonatal. Estes resultados corroboram com os propostos por Simplício e Azevedo (2014). Wang e Dickerson (1991) afirmam que as melhorias das características inerentes à reprodução possuem maior impacto econômico do que a das referentes ao crescimento das crias. Isso pode ser observado quando analisado o efeito do ganho médio de peso diário sobre a taxa de abate (Tabela 11), mas não quando relacionado à mortalidade dos cordeiros.

Semelhantemente a taxa de fertilidade, alterações na taxa de cobertura das matrizes também podem desempenhar papel significativo na taxa de abate. Das 327 $\pm$ 9 ovelhas e borregas em monta 237 $\pm$ 9 (72,4% $\pm$ 4,0%) pariram cordeiros, obtendo retorno financeiro médio de R\$ 59,46, por matriz parida. Das 90 ovelhas que não pariram 60% não chegaram a ser cobertas (54 ovelhas). Essa falha na cobertura das matrizes não foi atribuída ao serviço do macho, pois ao executar o

cenário E₁.C₃ – referente as alterações na proporção macho:fêmea, as alterações só foram possíveis de serem notadas quando realizadas em cenários não condizentes com a realidade, como a proporção 1:200. Acredita-se que a simplicidade na modelagem dessa variável possa ter ocasionado a perda de outras informações, que por sua vez poderiam melhor explicar o efeito da proporção macho:fêmea dentro do sistema produtivo. Desse modo, as falhas nas taxas de cobertura se deram em nível de matriz.

O custo médio operacional da matriz em manutenção foi aproximadamente de R\$ 136,83 matriz/ano, custo esse superior ao encontrado por Paim et al. (2011) – R\$ 66,18²⁹, assim fêmeas não cobertas acarretaram acréscimo ao sistema de aproximadamente R\$ 64,00 adicionais por matriz, equivalente a aproximadamente 1.355 kg de carne de cordeiro ou ainda deixando de gerar lucro de aproximadamente R\$ 23.000,00³⁰. Das ovelhas cobertas (273) 26 não ficaram gestantes (9,5%), sendo que 5 ± 2 ovelhas apresentaram infertilidade por dois anos consecutivos, ou seja, a infertilidade custou ao sistema um lucro de aproximadamente R\$ 11.000,00³⁰. Avaliando a natalidade³¹ também ficou evidenciado maior resposta linear para a variável taxa de aborto (Natalidade (%) = 1,0992 - 1,2848 * Aborto, R²-ajustado = 99,7%) (Tabela 12).

Tabela 12 – Análise dos cenários propostos em relação a taxa de natalidade para as variáveis ligadas à matriz

Cenários	Equação	R ²	t (a)	t (x)
E ₁ .C ₁	Natalidade (%) = 0,0539 + 1,2207 * Taxa cobertura	99,1%	2,5	47,0
E ₁ .C ₂	Natalidade (%) = 0,0032 + 1,1790 * Taxa de fertilidade	99,6%	0,2	67,8
E ₁ .C ₃	Natalidade (%) = 1,1184 - 0,0007 * Proporção macho:fêmea	71,1%	41,5	-6,9
E ₁ .C ₄	Natalidade (%) = 1,3452 - 0,0060 * Parto simples	99,9%	540,3	-139,6
E ₁ .C ₅	Natalidade (%) = 1,0992 - 1,2848 * Aborto	99,7%	615,0	-92,3

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E₁: Experimento um – avalia um ano produtivo; C₁: avalia alterações na taxa de cobertura das matrizes; C₂: avalia alterações na taxa de fertilidade das matrizes; C₃: avalia alterações na proporção macho:fêmea; C₄: avalia alterações na incidência de partos simples; C₅: avalia alterações na taxa de aborto; R²-ajustado; t: Teste t de Student.

²⁹ Valor corrigido para dezembro de 2015 utilizando o INPC/IBGE.

³⁰ Contabilizado para 1,4 cordeiros por matriz com carcaças de 17,925 kg e comercializadas a R\$17,00.

³¹ Taxa de natalidade foi contabilizada através do número de cordeiros nascidos, mesmo os natimortos, em relação às fêmeas cobertas (REILING, 2011).

Esses achados vão de encontro ao estudo de Simplício e Azevedo (2014), que reforçam que a rentabilidade da exploração por matriz e por unidade de área é direta e fortemente influenciada pela taxa de reprodução e consequentemente pelo número de crias comercializadas e incorporadas ao rebanho como animais de reposição.

Ao analisar os cenários em resposta à margem líquida operacional (MLO) foi possível verificar comportamento semelhante para a taxa de aborto (MLO (R\$) = $14529,7414 - 59.672,5337 * \text{Aborto}$, R^2 -ajustado = 95,7%), seguida pela redução na taxa de cobertura e taxa de fertilidade (Tabela 13). Entretanto, foi a mortalidade neonatal que apresentou maior impacto sobre a MLO (MLO (R\$) = $17.782,2975 - 140.473,3895 * \text{Mortalidade neonatal}$, R^2 -ajustado = 99,6%), e sobre a mortalidade geral dos cordeiros (Mortalidade = $0,0965 + 1,74 * \text{mortalidade neonatal}$, R^2 -Ajustado = 99,2%). (Tabela 14), reforçando a necessidade da atenção especial a essa fase dentro do sistema produtivo, sem negligenciar o papel da sobrevivência embrionária, do nascimento de natimortos e da mortalidade pós-natal (GOUVEIA, 2005).

Tabela 13 – Análise dos cenários propostos em relação à margem líquida operacional para as variáveis ligadas à matriz e aos cordeiros

Cenários	Equação	R^2	$t(a)$	$t(x)$
E ₁ .C ₁	MLO (R\$) = $- 34.339,0000 + 57.696,23 * \text{Taxa cobertura}$	98,0%	-22,8	32,2
E ₁ .C ₂	MLO (R\$) = $- 38.051,8605 + 57.189,8031 * \text{Taxa de fertilidade}$	98,6%	-27,7	37,7
E ₁ .C ₃	MLO (R\$) = $15.496,1867 - 32,1520 * \text{Proporção macho:fêmea}$	77,6%	15,9	-8,2
E ₁ .C ₄	MLO (R\$) = $31.877,3913 - 397,8656 * \text{Parto simples}$	99,8%	180,0	-130,0
E ₁ .C ₅	MLO (R\$) = $14.529,7414 - 59.672,5337 * \text{Aborto}$	95,7%	42,1	-22,2
E ₁ .C ₆	MLO (R\$) = $16.992,4473 - 76.569,8747 * \text{Natimortalidade}$	99,7%	153,6	-76,9
E ₁ .C ₇	MLO (R\$) = $17.782,2975 - 140.473,3895 * \text{Mortalidade neonatal}$	99,6%	70,9	-75,2
E ₁ .C ₈	MLO (R\$) = $16.756,3840 - 77.637,3145 * \text{Mortalidade lactação}$	99,6%	134,6	-69,3
E ₁ .C ₉	MLO (R\$) = $14.748,6938 - 76.826,1356 * \text{Mortalidade terminação}$	99,5%	99,4	-63,5
E ₁ .C ₁₂	MLO (R\$) = $8.463,0384 + 21.243,6516 * \text{Ganho de peso diário}$	82,3%	13,4	9,4

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E₁: Experimento um – avalia um ano produtivo; C₁: avalia alterações na taxa de cobertura das matrizes; C₂: avalia alterações na taxa de fertilidade das matrizes; C₃: avalia alterações na proporção macho:fêmea; C₄: avalia alterações na incidência de partos simples; C₅: avalia alterações na taxa de aborto; C₆: avalia alterações na taxa de natimortalidade de cordeiros; C₇: avalia alterações nas taxas de mortalidade neonatal; C₈: avalia alterações nas taxas de mortalidade na lactação; e C₉: avalia alterações nas taxas de mortalidade na terminação; C₁₂: avalia alterações no ganho médio de peso diário dos cordeiros; MLO: Margem líquida operacional; R^2 -ajustado; t: Teste t de Student.

Tabela 14 – Análise dos cenários propostos em relação a mortalidade de cordeiros para as variáveis ligadas aos cordeiros

Cenários	Equação	R ^{2*}	t (a)	t (x)
E ₁ .C ₆	Mortalidade = 0,1145 + 0,8788 * Natimortalidade	99,8%	114,1	97,1
E ₁ .C ₇	Mortalidade = 0,1036 + 1,6084 * Mortalidade neonatal	99,8%	55,5	115,7
E ₁ .C ₈	Mortalidade = 0,1130 + 0,9036 * Mortalidade lactação	99,8%	123,0	109,2
E ₁ .C ₉	Mortalidade = 0,1410 + 0,8473 * Mortalidade terminação	99,8%	154,7	114,1

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E₁: Experimento um – avalia um ano produtivo; C₆: avalia alterações na taxa de natimortalidade de cordeiros; C₇: avalia alterações nas taxas de mortalidade neonatal; C₈: avalia alterações nas taxas de mortalidade na lactação; e C₉: avalia alterações nas taxas de mortalidade na terminação; *R²-ajustado; t: Teste *t* de Student.

De acordo com Simplício e Azevedo (2014) a seleção para elevada prolificidade é importante, em virtude do nascimento aliado à sobrevivência de um grande número de crias e favorecer o avanço do melhoramento genético dos rebanhos. Apesar do apresentado pelos autores os resultados dos cenários apontaram que a redução no número de partos simples não foi o principal contribuinte para a elevação da taxa de abate, taxa de natalidade e/ou da margem líquida operacional (Tabelas 11, 12 e 13). Constatada que, além das matrizes inférteis não gerarem lucro ao sistema, a alteração nos índices zootécnicos como fertilidade e taxa de cobertura não acarretaram os maiores ganhos econômicos quando comparado ao manejo das crias nos primeiros dias de vida.

Ainda analisando o Experimento 1, cenários E₁.C₁₀ e E₁.C₁₁ – que simularam a opção pelo descarte ou não de matrizes pela idade e/ou infertilidade consecutiva, respectivamente, verificou-se que a MLO aumentou em 52% em relação ao cenário base quando não foi realizado o descarte das matrizes ao atingirem o tempo de vida útil (seis anos) e apenas 4,4% quando o descarte por infertilidade não foi preconizado (Tabela 15).

Tabela 15 – Análises dos cenários propostos para alterações nos critérios de manejo das matrizes

Índices	Cenário base	Idade (E ₁ .C ₁₀)	Infertilidade (E ₁ .C ₁₁)	Ambos
Margem líquida operacional	R\$ 13.285,67	R\$ 20.202,79	R\$ 13.882,87	R\$ 21.848,44
Taxa de descarte	10,4%	6,8%	9,6%	4,9%
Matriz (cabeças)	255,2	308,8	255,5	321,2
Borrega (cabeças)	144,8	91,2	144,5	78,8
Cordeira de reposição (cabeças)	55,5	46,3	53,01	39,6
Taxa de abate	67,8	72,6	68,9	74,5

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: E₁: Experimento um – avalia um ano produtivo; C₁₀: avalia o descarte das matrizes ao atingirem seis anos; C₁₁: avalia o descarte das matrizes que apresentarem infertilidade por dois anos consecutivos.

Os resultados apontaram ainda aumento de 4,8% na taxa de abate quando não foi realizado o descarte por idade das matrizes. Tal resultado pode ser relacionado ao fato de haver maior número de matrizes em relação a borregas no rebanho (308,8 e 91,2 versus 255,2 e 144,5 do cenário base), fazendo com que a média dos índices reprodutivos, como a taxa de cobertura, taxa de fertilidade e número de partos múltiplos, aumentassem e por consequência maior número de cordeiros no rebanho. Comportamento similar foi observado para as variáveis quando analisadas no longo prazo, na evolução do rebanho no Experimento 2, cenário E₂.C₂ (Tabela 16).

Tabela 16 – Análises dos cenários propostos para alterações nos critérios de manejo das matrizes para o experimento de evolução do rebanho (E₂.C₂)

Critério	Cenário base	Infertilidade	Idade	Ambos
50	20 anos	16 anos	11 anos	11 anos
100	13 anos	9 anos	8 anos	8 anos
150	12 anos	7 anos	6 anos	6 anos
200	8 anos	6 anos	5 anos	5 anos
250	6 anos	4 anos	4 anos	4 anos
300	4 anos	3 anos	3 anos	3 anos
350	2 anos	2 anos	2 anos	2 anos

Fonte: dados da pesquisa.

Como mencionado no capítulo 3.1.3 a literatura indica que conforme o número de partos ocorridos por matriz aumenta a incidência de partos múltiplos também aumenta (LASTER et al., 1972; NOTTER, 2000; GASKINS et al., 2005; SARMENTO et al., 2010; SANTOS et al., 2013). O modelo aqui delineado não permitiu que fossem atribuídos submodelos correlacionados com a idade da matriz e seus efeitos nos índices reprodutivos tanto nos experimento estáticos (E₁) como dinâmicos (E₂), apenas permitiu a diferenciação entre categorias, bem como a avaliação das consequências do não descarte de matrizes inférteis no curto e longo prazo.

O ambiente do agronegócio é dotado de grandes impasses, riscos e desafios. As análises das estimativas perante os diversos cenários requer um exame continuado, combinando as técnicas disponíveis com uma gestão voltada ao controle, e a um horizonte de perspectivas que demonstrem a viabilidade de uma estratégia ao invés de outra (LAURIA, 2015). Iniciar uma atividade não é algo trivial

e em muitos casos um dos fatores de maior dúvida está relacionado ao tamanho do rebanho inicial, estudado no Experimento 2 cenário E₂.C₁.

Os resultados dos FCL do cenário E₂.C₁ demonstraram que todos os cenários se apresentaram inviáveis economicamente no longo prazo, independentemente do tamanho do plantel de matriz inicial, e que, dentro do delineado, a produção de ovinos de corte não seria um projeto interessante para investimento, pois nenhum cenário obteve TIR superior a taxa mínima de atratividade anual (6,17%) (Tabela 17).

Tabela 17 – Resultado dos fluxos de caixas para os cenários de evolução de rebanho com planteis iniciais de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 matrizes

Tamanho rebanho inicial	Investimento (R\$)	VPL ¹ (R\$)*	TIR ² (%)	PB ³	Estabilização do rebanho ⁵
50 matrizes	144.651,17	- 357.976,09	-1,55%	Não ocorre	20 anos
100 matrizes	176.151,17	- 248.486,64	0,74%	29 anos	13 anos
150 matrizes	207.651,17	- 206.827,01	1,57%	29 anos	12 anos
200 matrizes	239.151,17	- 117.213,22	3,30%	27 anos	8 anos
250 matrizes	270.651,17	- 174.419,18	2,35%	29 anos	6 anos
300 matrizes	302.151,17	- 214.042,28	1,90%	29 anos	4 anos
350 matrizes	333.651,17	- 254.918,19	1,47%	29 anos	2 anos
400 matrizes	373.477,52	- 159.565,67	2,83%	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

Legenda: ¹Valor presente líquido; ²Taxa interna de retorno; ³Payback simples; ⁴Não ocorre o *payback* dentro do tempo estipulado no fluxo de caixa (30 anos); ⁵Considerou-se um rebanho comercialmente estabilizado ao atingir a média de 400 matrizes; *Taxa mínima de atratividade de 6,17%.

Apesar dos resultados negativos dos cenários foi possível observar que iniciar a atividade com o rebanho já estabilizado (400 animais) pode não ser a melhor alternativa, assim como planteis muito pequenos (50 animais) também não o são. Contudo, o cenário que se apresentou mais vantajoso em relação aos demais foi o que inicia a atividade com 200 matrizes – apresentando resultados econômicos superiores e prazo relativamente passível para a estabilização de rebanho comercial (oito anos). Esses achados merecem estudos mais aprofundados, visto que no modelo proposto não foi considerado que, enquanto o número de matrizes está crescendo, o estabelecimento faz investimento com recursos próprios, ou seja, não considerou o sacrifício da receita corrente para obter mais receita futura. Contudo, à medida que o rebanho cresce, é preciso um investimento crescente em reposição de matrizes, apenas para compensar o descarte. Esses dois efeitos, mais o

encurtamento do tempo necessário para a estabilização do rebanho e PB, podem explicar o comportamento observado da TIR, a uma taxa mínima de 6,17%, em função do rebanho inicial.

Os negócios agropecuários vêm se revestindo da mesma complexidade e dinâmica dos demais setores da economia, requerendo do produtor nova visão da gestão dos seus negócios, principalmente pela necessidade de abandonar a posição tradicional de fazendeiro, para assumir o papel de empresário rural (YAMAGUCHI; CARNEIRO, 1997). A contabilidade dos custos passou a desempenhar um importante papel como sistema de informações gerenciais, obtendo lugar de destaque nas empresas rurais. O estabelecimento de critérios para avaliação dos resultados da atividade reduz a dificuldade na tomada de decisão.

A estruturação dos custos produtivos, das receitas e de como eles se comportam frente às alterações a nível zootécnico e de manejo, tem por objetivo facilitar a tomada de decisão. Os dados necessários à determinação do custo devem ser coletados preferivelmente através dos registros financeiros e físicos da propriedade. Todavia, a grande maioria das propriedades agrícolas do Brasil ainda não possui registros físicos, e mesmo a contabilidade financeira, quando existe, nem sempre apresenta uma classificação de despesas em um molde que facilite sua utilização (RAINERI; OJEDA; GAMEIRO, 2015).

A conjuntura em que a contabilidade dos custos está inserida é altamente dinâmica, refletindo na quantidade e qualidade das informações necessárias à gestão dos empreendimentos (BORNIA, 2002). Neste contexto, o modelo de simulação híbrido desenvolvido permitiu o mapeamento dos coeficientes técnicos e econômicos da produção de ovinos de corte, construção e avaliação econômico-financeira de diferentes cenários e horizontes de tempo.

6 CONSIDERAÇÕES

A simulação computacional é atualmente uma das mais poderosas ferramentas de análise disponível para o planejamento, projeto e controle de sistemas complexos e vem sendo cada vez mais utilizada e difundida. Simular compreende a elaboração de um método de experimentação que, através da construção de modelos de um sistema real, procura-se descrever comportamentos, construir teorias ou hipóteses por meio do observado e prever comportamentos futuros. O uso da simulação tem como benefício a elaboração de modelos mais realistas, conferindo maior liberdade na construção do mesmo. Por ser um processo de modelagem evolutivo, começa-se com um modelo relativamente simples e aumenta-se sua complexidade aos poucos, permitindo assim a identificação de maneira mais clara às peculiaridades do problema em estudo.

A simulação tem sido cada vez mais aceita e empregada como uma técnica que permite ao pesquisador ou analista dos mais diversos campos de atuação (economia, administração, engenharias, biologia, entre outros) averiguar soluções com a profundidade desejada, aos problemas no qual lida diariamente por causa da sua versatilidade de aplicações. O presente trabalho resultou em um método de análise que permite a avaliação e planejamento do emprego de tecnologias dentro do processo de produção animal, bem como averiguar a viabilidade econômica da atividade, incorporando o risco.

A utilização das metodologias de simulação de eventos discretos e modelagem baseada em agentes – configurando um modelo híbrido, possibilitou diferentes formas de abordagens da produção de ovinos. A produção animal não é regulada sistematicamente por processos, nem tão pouco por relações causais entre indivíduos. Existe um balanço, um equacionamento, entre o que é processual e o que não é de controle absoluto do produtor. Os modelos de produção de ovinos estudados até o momento não permitiam a captação da interação entre os agentes, como o ato da monta, onde o produtor, quando não utiliza de métodos reprodutivos guiados – como a inseminação artificial, fica dependente da interação entre macho e fêmea. Tal complexidade de interação deve ser aprofundada em estudos futuros, visto o impacto econômico-financeiro significativo que a taxa de cobertura incide sobre o sistema.

O uso da metodologia da simulação para estudos na pecuária nacional apresentou-se como ferramenta com grande potencial de contribuição, no sentido de permitir conhecer os resultados possíveis das diferentes combinações tecnológicas disponíveis, atribuindo o risco a análise. O risco nas atividades agropecuárias é velho conhecido entre produtores. A dificuldade está em mensurá-lo. Utilizar de ferramentas que permitem a sua mensuração pode ser o diferencial entre uma produção competitiva e economicamente estável.

A sobrevivência de qualquer empreendimento atualmente está intimamente vinculada ao conceito de aproveitar as oportunidades dentro de um espectro de incertezas. Dentro de um empreendimento agropecuário existem muitas incertezas e riscos, alguns de cunho zootécnico outros de níveis gerenciais e de mercados. Realizar análises de risco dentro da atividade pecuária pode ser o diferencial dentro de um mercado tão competitivo, onde não se controlam preços, apenas custos. Nas situações reais nem sempre é possível fazer experimentos para avaliar os possíveis cenários e os riscos envolvidas, pois demandaria muitos recursos financeiros e tempo. A união das metodologias de análise econômica associadas às metodologias de simulação computacional apresentou-se com uma possível resposta para essa lacuna.

A ovinocultura ainda é considerada uma atividade de modesta expressão econômica dentro da realidade da agropecuária brasileira. Para o desenvolvimento e a transformação da ovinocultura como real alternativa econômica, a exemplo de outros setores, o conhecimento dos custos que envolvem a atividade e do resultado econômico são fundamentais. Na literatura observa-se que parâmetros zootécnicos são largamente pesquisados e apresentam inúmeras possibilidades combinação entre si para que, durante o período de terminação dos animais, as necessidades nutricionais e a qualidade dos produtos de origem animal sejam asseguradas. Os indicadores produtivos permitem avaliar a eficiência dos diversos manejos adotados na propriedade bem como a eficiência do rebanho em si, como por exemplo, a taxa de fertilidade, a taxa de natalidade, as taxas de mortalidade e a taxa de desfrute por matriz, entre outros. Contudo, o que garante a permanência de produtores na atividade, e a expansão da produção, é o quão lucrativo e rentável a produção é ou pode ser. Para isso, entender os parâmetros econômicos é de igual importância. Busca-se produzir com qualidade e com menores custos possíveis a fim de garantir bons resultados econômicos.

O presente estudo demonstrou a potencialidade da ferramenta dentro do escopo da ovinocultura de corte, podendo ter seu modelo conceitual como norteador do processo produtivo da ovinocultura de corte com terminação em pastagem. Por se tratar de um ambiente virtual, foi possível desenvolver diversos cenários, permitindo com que o risco real na escolha de uma tecnologia, por exemplo, fosse reduzido ou bem conhecido ao ponto de poder se antever e predizer seus impactos – positivos ou não. Possibilitar o estudo e análise de diferentes combinações tecnológicas sem alterar o mundo real é uma das maiores contribuições deste estudo, permitindo a orientação aos cientistas no direcionamento de seus esforços no desenvolvimento de futuras pesquisas, bem como na sua utilização como ferramenta didática para demonstração da aplicabilidade de métodos e custos.

O estudo e desenvolvimento de métodos de registro de atividades e de contabilidade acessíveis e de fácil compreensão pelos produtores se fazem necessários. A lacuna entre o previsto e o observado nos modelos de simulação estão intimamente relacionados aos dados de entrada inconstantes ou ainda inadequados, fazendo com que os resultados da simulação sejam difíceis de interpretar e de difícil implementação. Algumas das variáveis aqui estudadas tiveram seu comportamento e modelagem simplificada devido à falta de dados consistentes. Trabalhar com submodelos que permitam com que as variáveis se alterem em função do tempo é algo a ser almejado.

Os próximos passos contam com o estudo de novos critérios de descarte, projetos de investimentos financeiros, inclusão da variável de “aquisição de conhecimento/experiência” – *know how*, do produtor, seleção genética, dados edafoclimáticos para crescimento de pasto, impacto de políticas de manejo nutricional no desempenho dos cordeiros e matrizes, otimização do custo de produção e dos índices zootécnicos. Mas, de nada valerá a pena enquanto não houver conscientização por parte dos produtores e técnicos da importância de se adotar uma postura empresarial da atividade. Só assim é possível atingir excelência na produção.

REFERÊNCIAS

- ABBOT, K. A.; MILLER, B. G.; NICHOLAS, F. W.; EGERTON, J. R. Reproductive management and diseases in naturally mated flock. **Sheep health and production**. 2. ed. Sydney: Department of Animal Health, 1996. cap. 7, p. 1-56.
- ABDUL-AZIZ, M.; AL-MUJALLI, A. M. Incidency and clinical study ovine pregnancy toxemia in Al Hassa Region, Saudi Arabia. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 7, n. 2, p. 210-212, 2008.
- AGRAFNP. **Anuário da pecuária brasileira: anualPec 2010**. São Paulo: FNP, 2010.
- ALI, A. M. H. Causes and management of dystocia in small ruminants in Saudi Arabia. **Journal of Agricultural and Veterinary Sciences**, v. 4, n. 2, p. 95-108, 2011.
- AL-MAJALI, A.; JAWABREH, S. Period prevalence and etiology of subclinical mastitis in Awassi sheep in southern Jordan. **Small Ruminant Research**, v. 47, p. 243-248, 2003.
- AMARANTE, A. F. T.; BRICARELLO, P. A.; ROCHA, R. A. GENARI, S. M. Resistance of Santa Inês, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. **Veterinary Parasitology**, v. 120, n. 1- 2, p. 91-106, 2004.
- ANAGNOSTOU, A.; NOUMAN, A.; TAYLOR, S. J. E. Distributed hybrid Agent-Based Discrete-Event emergency medical services simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013, Washington, DC. **Proceedings...** Washington: Winter Simulation Conference, 2013. p. 1625-1636.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 192 p.
- ANDRADE, L. E. C. **Um estudo sobre terminais intermodais para granéis sólidos**. 2002. 246 p. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- ANDRAUD, M.; ROSE, N.; GRASLAND, B.; PIERRE, J. S.; JESTIN, A.; MADEC, F. Influence of husbandry and control measures on porcine circovirus type 2 (PCV-2) dynamics within a farrow-to-finish pig farm: a modelling approach. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 92, p. 1-2, p. 38-51, 2009.
- ANTSAKLIS, P.J.; NERODE, A. Hybrid control systems: and introductory discussion to the special issue. **IEEE Transactions on Automtic Control**, v. 43, n. 4, p. 457-459, 1998.

- ANYLOGIC. **Multimethod simulation software**: the only simulation tool that supports discrete event, agent based, and system dynamics simulation. 2013. Disponível em: < <http://www.anylogic.com>>. Acesso em: 10 set. 2014.
- ARMSBY, H. P.; MOULTON, C. R. The animal as a convertor of matter and energy. A study of the rôle of live stock in food production. **Journal of American Medical Association**, v. 85, n. 24, p. 1912, 1925.
- ARSENAULT, J.; DUBREUIL, R. H.; BÉLANGER, D. Risk factors and impact of clinical and subclinical mastitis in commercial meat-producing sheep flocks in Quebec, Canada. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 87, n. 3-4, p. 373-393, 2008.
- ASHER, L.; COLLINS, L. M.; PFEIFFER, D. U.; NICOL, C. J. Flocking for food or flockmates? **Applied Animal Behaviour Science**, v. 147, i. 1, p. 94-103, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE OVINOS (ARCO). **Padrões raciais - Suffolk**. 2014. Disponível em: < http://www.arcoovinos.com.br/sitenew/racas_links/suffolk.htm>. Acesso em: 12 set. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA (ABED). **Institucional**. Niterói, RJ, 2016. Disponível em: <<http://www.abedef.org/site/capa>>. Acesso em: 09 maio 2016.
- AUCHINCLOSS, A. H.; RIOLO, R. L.; BROWN, D. G.; COOK, J.; ROUX, A. V. D. An agent-based model of income inequalities in diet in the context of residential segregation. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 40, n. 3, p. 303-311, 2011.
- AZEVEDO, F. M. V. M. C.; ANTONIALLI, L. M. Produção e comercialização de carne de ovinos na região metropolitana de Belo Horizonte-MG. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco: SOBER. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. p. 1-21. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/198.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- BAINES, T. S.; ASCH, R.; HADFIELD, L.; MASON, J. P.; FLETCHER, S.; KAY, J. M. Towards a theoretical framework for human performance modeling within manufacturing systems design. **Simulation Modelling Practice and Theory**, n. 13, p. 486–504, 2005.
- BANKS, J. **Handbook of simulation**: principles, methodology, advances, applications and practice. New York: Wiley-Interscience Publishers, 1998. 864 p.
- BANKS, J.; CARSON, F. S. **Discrete-event system simulation**. Englewood cliffs: Prentice-Hall, 1984.
- BANKS, J.; CARSON, F. S.; NELSON, B. L. **Discrete-event system simulation**. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

- BÁNKUTI, F. I.; SOUZA FILHO, H. M. S.; BÁNKUTI, S. M. S. Mensuração e análise de custos de transação arcados por produtores de leite nos mercados formal e informal da região de São Carlos São Paulo. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 343-358, 2008.
- BARAHONA, F.; ETTE, M.; PETRIK, M.; RIMSHWICK, P. M. Agile logistics simulation and optimization for managing disasters response. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013. **Proceedings...** Washington: Winter Simulation Conference, 2013., p. 3340-3351.
- BARBOSA, D. A. **Aborto em ovelhas – Parte 1**: principais causas. 2007. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/aborto-em-ovelhas-parte-i-principais-causas-37881n.aspx>>. Acesso em: 13 maio 2016.
- BARBOSA, J.A. Evolução da Raça Santa Inês: Panorama mercadológico de reprodutores e matrizes. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE OVINOCULTURA, 4., Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005.
- BARGER, I. A. Influence of sex and reproductive status on susceptibility of ruminants to the nematode parasitism. **International Journal for Parasitology**, v. 23, n. 4, p. 463-469, 1993.
- BARIONI, L. G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte**. 2002. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- BARIONI, L. G.; DAKE, C. K. G.; PARKER, W. J. Optimizing rotational grazing in sheep management systems. **Environment International**, v. 25, n. 6–7, p. 819-825, 1999.
- BARRET, J. R.; NEARING, M. A. Humanization of decision support using information from simulations. In: PEART, R. M.; CURR, R. B. (Ed.). **Modeling agricultural systems**. Florida: Marcel Dekker, Gransville, 1998. p. 1-18.
- BARROS, C. S. **Análise econômica de sistemas de produção de ovinos para carne**. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BARROS, C. S.; MONTEIRO, A. L. G.; POLI, C. H. E. C.; DITTRICH, J. R.; CANZIANI, J. R. F.; FERNANDES, M. A. M. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2270-2279, 2009a.
- BARROS, C. S.; MONTEIRO, A. L. G.; POLI, C. H. E. C.; FERNANDES, M. A. M.; ALMEIDA, R.; FERNANDES, S. R. Resultado econômico da produção de ovinos

para carne em pasto de azevém e confinamento. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 31, n. 1, p. 77-85, 2009b.

BARROS, J. P. S.; BALDAM, R. L.; COELHO JUNIOR, T. P.; LEAL, E. A. S.; SOUZA, M. A. V. F. Simulação baseada em agentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_140_888_18230.pdf>. Acesso em: 05 maio 2016.

BARROS, N. N.; VASCONCELOS, V. R.; WANDERI, A. E.; ARAÚJO, M. R. A. Eficiência bioeconômica de cordeiros F1 Dorper x Santa Inês para produção de carne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 825-831, 2005.

BARTLEWSKI, P. M.; BEARD, A. P.; RAWLINGS, N. C. Ultrasonographic study of antral follicle development during sexual maturation in ewe lambs. **Small Ruminant Research**, v. 63, p. 189-198, 2006.

BECKER, M.; WENNING, B.-L.; GÖRG, C.; GEHRKE, J. D.; LORENZ, M.; HERZOG, O. Agent-based and discrete event simulation of autonomous logistic process. In: EUROPEAN CONFERENCE ON MODELLING AND SIMULATION, 20., 2006. **Proceedings...** Bonn, Germany: European Conference on Modelling and Simulation, 2006. p. 566-571.

BERGER, T. Agent-based spatial models applied to agriculture: a simulation tool for technology diffusion, resource use changes and policy analysis. **Agricultural Economics**, v. 25, n. 3, p. 245-260, 2001.

BERGONIER, D.; BERTHELOT, X. New advances in epizootiology and control of ewe mastitis. **Livestock Production Science**, v. 79, p. 1-16, 2003.

Bhattacharyya, H. K.; FAZILI, M. R.; BHAT, F.A.; BUCHOO, B. A. Prevalence of dystocia in sheep and goats: a study of 70 cases (2004-2011). **Journal of Advanced Veterinary Research**, v. 5, n. 1, p. 14-20, 2015.

BLAGITZ, M. G.; BENITES, N. R.; MELVILLE, P. A.; BATISTA, C. F.; BETIOL, P. S.; AZEDO, M. R.; GOMES, V.; SOUZA, F. N.; DELLA LIBERA, A. M. M. P. D. Lactation stage and udder health status of Santa Ines ewes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 2, p. 495-498, 2012.

BONABEAU, E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, p. 7280-7287, 2002. Supplement, 3.

BORSHCHEV, A.; FILIPPOV, A. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In: INTERNATIONAL

CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY, 22., 2004, Oxford, England, **Proceedings...** Oxford: System Dynamics Society, 2004.

BOUCINHAS, C. C.; SIQUEIRA, E. R.; MAESTÁ, S. A. Dinâmica do peso e da condição corporal e eficiência reprodutiva de ovelhas da raça Santa Inês e mestiças Santa Inês-Suffolk submetidas a dois sistemas de alimentação em intervalos entre partos de oito meses. **Ciência Rural**, v. 36, p. 904-909, 2006.

BOUMANS, I. J. M. M.; HOFSTEDE, G. J.; DEBOER, I. J. M.; BOKKERS, E. A. M. Modeling feeding behavior and associated welfare and productivity of pigs: an Agent-based Approach. In: MEASURING BEHAVIOR, 2014, Wageningen, The Netherlands. **Proceedings...** Wageningen, The Netherlands: Measuring Behavior, 2014. p. 129-131.

BOX, G.E.P.; DRAPER, N.R. **Empirical Model Building and Response Surfaces**. New York, NY: John Wiley & Sons, 1987, 424 p.

BRADY, M.; SAHRBACHER, C.; KELLERNMANN, K.; HAPPE, K. An agent-based approach to modeling impacts of agricultural policy on land use, biodiversity and ecosystem services. **Landscape Ecology**, v. 27, n. 9, p. 1363-1381, 2012.

BRITO, M. A.; DIAZ GONZALEZ, F. H.; RIBERIO, L. A. O.; CAMPOS, R.; LACERDA, L. A.; BARBOSA, P. R.; BERGMANN, G. P. Composição do sangue e do leite em ovinos leiteiros do sul do Brasil: variações na gestação e na lactação. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 942-948, 2006.

BRITO, T. B.; SILVA, R. C. S.; TREVISA, E. F. C.; BOTTER, R. C. Discrete Event simulations combined with multiple criteria decision analysis as a decision support methodology in complex logistics systems. In: WEE CHUAN LIM, E. (Ed.). **Discrete Event simulations – development and applications**. InTech.: 2012. chap. 4, 208 p.

BRITO, T. B.; SILVA, R. C. S.; BOTTER, R. C.; PEREIRA, N. N.; MEDINA, A. F. Discrete Event simulation combined with multi-criteria decision analysis applied to steel plant logistics system planning. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: Winter Simulation Conference, 2010. p. 2126-2137.

BRITTO, T. B.; BOTTER, R. C. Uma comparação conceitual entre as metodologias de simulação discreta e a contínua como elemento impulsionador da simulação híbrida. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 6, n. 2, p. 202-225, 2014.

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; SANTOS, L. E.; RODA, D. S.; LEINZ, F. F. Característica de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1803-1810, 2000.

BUENO, M. S.; CUNHA, E. A.; VERÍSSIMO, C. J.; SANTOS, L. E.; LARA, M. A. C.; OLIVEIRA, S. M.; SPÓSITO FILHA, E.; REBOUÇAS, M. M. Infección por nematodos em razas de ovelhas carniças criadas intensivamente em la región del sudeste del Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 51, n. 193, p. 271-278, 2002.

BURRIEL, A. D. Dynamics of intramammary infections in the sheep caused by coagulase-negative staphylococci and its influence on udder tissue and milk composition. **Veterinary Record**, v. 140, n. 16, p. 419-423, 1997.

BURRIS, M. J.; BAUGUS, C. A. Milk consumption and growth of suckling lambs. **Journal of Animal Science**, v. 14, p. 186-191, 1955.

CAIXETA-FILHO, J. V. **Pesquisa operacional**: técnicas de otimização aplicadas a sistema agroindustrial. São Paulo: Editora Atlas, 2001. 176 p.

CALDEIRA, R. M.; BELO, A. T.; SANTOS, C. C.; VAZQUES, M. I.; PORTUGAL, A. V. The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. **Small Ruminant Research**, v. 8, p. 233-241, 2007.

CÂMARA, A. C. L.; AFONSO, J. A. B.; DANTAS, A. C.; GUIMARÃES, J. A.; COSTA, N. A.; SOUZA, M. I.; MENDONÇA, C. L. Análise dos fatores relacionados a 60 casos de distocia em ovelhas no Agreste e Sertão de Pernambuco. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2458-2463, 2009.

CÂMARA, A. C. L.; DANTAS, A. C.; GUIMARÃES, J. A.; AFONSO, J. A. B.; SOUZA, M. I.; COSTA, N. A.; MENDONÇA, C. L. Análise dos fatores relacionados a 26 casos de distocia em cabras no Agreste e Sertão de Pernambuco. **Veterinária e Zootecnia**, v. 19, n. 2, p. 236-243, 2012.

CAMPOS, A. G.; AFONSO, J. A. B.; SANTOS, R. A.; MENDONÇA, C. L.; GUIMARÃES, J. A. Estudo clínico-laboratorial da toxemia da prenhez em ovelhas: análise retrospectiva. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 623-628, 2010.

CAMPOS, T. **Logística reversa**: aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP. 2006. 154 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CANZIANI, J. R. F. **O cálculo e a análise do custo de produção para fins de gerenciamento e tomada de decisão nas propriedades rurais**. Curitiba: DERE/SCA/UFPR, 2005. 19 p. Material Didático.

CANZIANI, J. R. F. Uma abordagem sobre as diferenças de metodologia utilizada no cálculo do custo total de produção da atividade leiteira a nível individual (produtor) e a nível regional. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIAS DE CÁLCULO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 1999.

- CARVALHO, L. S. Modelagem e simulação: poderosa ferramenta para a otimização de operações logísticas. **Bahia Análise e Dados**, v. 13. n. 2, p. 267-274, 2003.
- CARVALHO, S.; BROCHIER, M.; CAPPELATTI, L.; PIVATO, J. Avaliação econômica de três sistemas alimentares utilizados na terminação de cordeiros. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 14, p. 86-87, 2006. Suplemento 3.
- CARVALHO, S.; PIRES, C. C.; PERES, J. R. R.; ZEPPENFELD, C.; WEISS, A. Desempenho de cordeiros machos inteiros, machos castrados e fêmeas alimentados em confinamento. **Ciência Rural**, v. 29, p.129-133, 1999.
- CARVALHO, S.; VERGUEIRO, A.; KIELING, R.; TEIXEIRA, R. C.; PIVATO, J.; VIERO, R.; CRUZ, A. N. Desempenho e características de carcaça de cordeiros das raças Texel, Suffolk e cruzada Texel x Suffolk. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1155-1160, 2005.
- CASTRO, F. A. B.; RIBEIRO, E. L. A.; KORITIANI, N. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S.; PINTO, A. P.; CONSTANTINO, C.; FERNANDES JUNIOR, F. Desempenho de cordeiros Santa Inês do nascimento ao desmame filhos de ovelhas alimentadas com diferentes níveis de energia. **Semina: ciências agrárias**, v. 33, n. 2, p. 3379-3388, 2012.
- CATUNDA, A. G. V. **Avaliação dos parâmetros fisiológicos, metabólicos e reprodutivos de ovelhas deslanadas submetidas à suplementação energética criadas em sistema semi-intensivo no Nordeste do Brasil**. 2011. 109 f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. Avaliação e utilização da condição corporal como ferramenta de melhoria da reprodução e produção de ovinos e caprinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 649-678, 2006.
- CHAGAS, A. C. S.; OLIVEIRA, M. C. S.; CARVALHO, C. O.; MOLENTO, M. B. Método Famacha: um recurso para o controle da verminose em ovinos. **Embrapa, Circular Técnica**, São Carlos, SP, n. 52, p. 1-8, 2007.
- CHAN, W. K. V.; SON, Y. J.; MACAL, C. M. Agent-based simulation tutorial – Simulation of emergent behavior and differences between agent-based simulation and discrete-event simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Piscataway, New Jersey. **Proceedings...** New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010. p. 135-150.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora dos Autores, 2010.
- CHIN, S. Y. **Simulação do processo de retirada de itens em CPD: um estudo de caso em empresa do ramo automotivo**. 2005. 138 f. Dissertação (Mestre em

Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

CIARLIN, P. C.; CIARLIN, L. D.; ALENCAR, N. X.; HOHAYAGAWA, A.; RODRIGUES, C. F. Metabolismo oxidativo de neutrófilos em ovelhas naturalmente infectadas por nematódeos gastrintestinais e correlação entre nível sérico de cortisol e carga parasitária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 54, n. 3, p. 242-247, 2002.

COELHO, H. Modelação computacional baseada em agentes: enfrentar a complexidade. **Revista de Ciências da Computação**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2007.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. NJ, Erlbaum: Hillsdale, 1988. 590 p.

COLLINS, L. M.; PART, C. E. Modelling farm animal welfare. **Animals**, v. 3, n. 2, p. 416-441, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. 60 p.

CONGLETON JR, W. R. Dynamic model for combined simulation of dairy management strategies. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 3, p. 644-660, 1984.

CONTRERAS, A.; SIERRA, D.; SÁNCHEZ, A.; CORRALES, J. C.; MARCOS, J. C.; PAAPE, M. J.; GONZALO, C. Mastitis in small ruminants. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 145-153, 2007.

COSTA, A. D. **Nível tecnológico, rentabilidade e cadeia produtiva da ovinocaprinocultura de corte no estado do Ceará**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestre em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

COSTA, D. S.; COSTA, M. D.; SILVA, F. V.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CARVALHO, Z. G.; TOLENTINO, D. C.; LEITE, J. R. A. Desempenho ponderal de cordeiros Santa Inês e F1 Dorper x Santa Inês em pastagens naturais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 237-243, 2012.

COSTHEK, B. P. **Estudo de métodos para comparar software de simulação discreta disponíveis no mercado para um sistema siderúrgico**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

COURNUT, S.; DEDIEU, B. A discrete event simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. **Animal Research**, v. 53, p. 383-403, 2004.

- CRESPILO, A. M. **Perda embrionária em caprinos – Parte 1**. 2009. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/perda-embrionaria-em-caprinos-parte-1-57112n.aspx>>. Acesso em: 14 abr. 2016.
- CUNHA, E. A.; SANTOS, L. E.; BUENO, M. S.; RODA, D. S.; LEINZ, F. F.; RODRIGUES, C. F. C. Utilização de carneiros de raças de corte para obtenção de cordeiros precoces para abate em plantéis produtores de lã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 243-252, 2000.
- DIJKHUIZEN, A. A.; STELWAGEN, J.; RENKEMA, J. A. A stochastic model for the simulation of management decisions in dairy herds, with special reference to production, reproduction, culling and income. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 4, n. 4, p. 273-289, 1986.
- DION, E.; VANSCHALKWYK, L.; LAMBIN, E. F. The landscape epidemiology of foot-and-mouth disease in South Africa: a spatially explicit multi-agent simulation. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 1, p. 2059-2072, 2011.
- DONG, F.; LIU, H.; LU, B. Agent-Based simulation model of single point inventory system. **Systems Engineering Procedia**, v. 4, p. 298-304, 2012.
- DUBIEL, B.; TSIMHONI, O. Integrating agent based modeling into a discrete event simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2005, Orlando, FL. **Proceedings...** Orlando, FL.: Winter Simulation Conference, 2005. p. 1029-1037.
- DUMONT, B.; HILL, D. R. C. Spatially explicit models of group foraging by herbivores: what can Agent-Based models offer? **Animal Research**, v. 53, n. 5, p. 419-428, 2004.
- DYRMUNDSSON, O. R. Puberty and early reproductive performance in sheep. **Animal Breeding Abstracts**, v. 42, p. 273-280, 1973.
- DZABIRSKI, V.; NOTTER, D. R. Effects of breed and time since lambing on spring estrous activity in mature ewes. **Animal Reproduction Science**, v. 19, p. 99-108, 1989.
- EDUCAPONT. **Produção intensiva de cordeiros: do nascimento ao abate** [Aula online]. Piracicaba: EDUCAPONT, 2011. Material didático: SOUZA, D. A. Mercado e cadeia produtiva da carne ovina. Módulo 1.
- EHRlich, P. J. **Pesquisa operacional: curso introdutório**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1985.
- EKREN, B. Y.; HERAGU, S. S. Simulation based optimization of multi-location transshipment problem with capacited transportation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2008, Miami, FL. **Proceeding...** Miami, FL: ACM, 2008. p. 2632-2638.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FALCÃO, R. J. S.; LOBO, R. N. B.; SOUSA, W. H.; TELLES, A. P. D.; BERNHARD, E. A.; VIEIRA FILHO, A. S. Câmara Setorial da cadeia produtiva de caprinos e ovinos. In: VILELA, D.; ARAUJO, P. M. M. (Org.). **Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio**. Brasília: MAPA/SE/CGAC, 2006. 496 p.

FARINA, E. M. M. Q.; AZEVEDO, P. F.; SAES, M. S. **Competitividade**: mercado, estado e organizações. São Paulo: Singular, 1997. 286 p.

FAVORETTO, V. Pastagens para ovinos. In: SILVA SOBRINHO, A. G. (Ed.). **Produção de ovinos**. Jaboticabal: FUNEP, 1990, p. 65-80.

FERNANDES, M. A. M.; GILAVERT, S.; BUZATTI, A.; SPRENGER, L. K.; SILVA, C. J. A.; PERES, M. T. P.; MOLENTO, M. B.; MONTEIRO, A. L. G. Método FAMACHA para detectar anemia clínica causada por *Haemonchus contortus* em cordeiros lactentes e ovelhas em lactação. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 525-530, 2015.

FERNANDES, M. A. M.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; GAZDA, T. L.; PIAZZETTA, R. G.; DITTRICH, J. R.; GASPERIN, C. Desempenho de cordeiros puros e cruzados Suffolk e Santa Inês. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 2, p. 207-216, 2007.

FERNANDES, S. R. **Perfis bioquímicos, hematológicos e características de carcaça de cordeiros em diferentes sistemas de terminação**. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

FERNANDES, S. R.; MONTEIRO, A. L. G.; SILVA, C. J. A.; SILVA, M. G. B.; ROSSI JUNIOR, P.; SOUZA, D. F.; SALGADO, J. A.; HENTZ, F. Desmame precoce e a suplementação concentrada no peso ao abate e nas características de carcaça de cordeiros terminados em pastagem. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 2, p. 527-537, 2011.

FIALHO, F. B. Sistemas de apoio à decisão na produção de suínos e aves. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 307-317.

FIGUEIRÓ, P. R. P.; BENAVIDES, M. V. Produção de carne ovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990. Campinas. **Anais...** Campinas: Caprinocultura e ovinocultura, 1990. p. 15-31.

FIRETTI, R. Segmentação de mercado para a carne ovina em função dos níveis de renda do consumidor. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011.

FONSECA, F. P.; RAMOS, R. A. R.; SILVA, A. N. R. Um modelo baseado em agentes como instrumento de apoio às políticas de ordenamento de áreas de acolhimento empresarial. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 6., 2013, Lisboa. **Anais...** Lisboa: Congresso Luso-brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável, 2013.

FONSECA, J. F. Estratégias para o controle do ciclo estral e superovulação em ovinos e caprinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 16., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 2005. 9 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAOSTAT). **Statistics division**. 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

FORCE, C.; PEROCHON, L.; HILL, D. R. Design of a multimodel of a dairy cows herd attacked by mastitis. **Simulation Modelling Practice and Theory**, n. 8, p. 543-554, 2002.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução a modelagem e simulação de sistemas**. 2. ed. Santa Catarina: Visual Books, 2008. 372 p.

FURTADO, R. A. **Modelagem Baseada em agente como ferramenta para diagnóstico de segurança de aeroportos**: estudo de caso de um ataque com o agente biológico antraz no aeroporto internacional do galeão. 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Escola Marechal Castello Branco, Rio de Janeiro, 2014.

GAGLEAZZI, U. A.; GARCIA, F. T.; BLISKA, F. M. M.; ARIMA, H. K. Caracterização do consumo de carnes no Brasil. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 27, n. 310, p. 35-46, 2004.

GAMEIRO, A. H. Análise econômica aplicada à zootecnia: avanços e desafios. In SANTOS, M. V.; RENNÓ, F. P.; SILVA, L. F. P.; ALBUQUERQUE, R. (Ed.) **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Pirassununga: 5D, 2009, p. 9-32.

GAMEIRO, A. H. **Índices de preço para o transporte de cargas**: o caso da soja a granel. 2003. 284 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiros – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA-FILHO, J. V. Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja. **Nova Economia**, v. 20, n. 1, p. 121-163, 2010.

GASKINS, C. T.; SNOWDER, G. D.; WESTMAN, M. K.; EVANS, M. Influence of body weight, age, and weight gain in four breeds of ewe lambs. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 1680-1689, 2005.

GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GELL-MANN, M. **O quark e o jaguar**. Rio de Janeiro: Rocco, 1996. 396 p.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. São Paulo: Harbra, 1997. 841 p.

GOMES, S.T. Cuidados no cálculo do custo de produção de leite. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIAS DE CÁLCULO DO CUSTO DE PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, 1999.

GONZÁLEZ, G. R.; TORRES, H. G.; CASTILLO, A. M. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. **Veterinaria Mexicana**, v. 33, p. 443-453, 2002.

GORDON, G. **System simulation**. 2. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978.

GORDON, I. Aspects of the reproduction and neonatal mortality in ewe lamb and adult sheep. **Journal of the Department of Agriculture and Fisheries**, v. 64, p. 76-127, 1967.

GOTTARDI, F. P.; SOUZA JÚNIOR, A.; BARBOSA, Y. G. S.; MARQUES, C. A. T.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J.; MINGOTI, G. Z.; TORREÃO, J. N. C. Efeito do flushing sobre o desempenho reprodutivo de ovelhas Morada Nova e Santa Inês submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 2, p. 329-338, 2014.

GOUGOLIS, D. A.; KYRIAZAKIS, I.; PAPAIOANNOU, N.; PAPADOPOULOS, E.; TAITZOGLU, I. A.; FTHENAKIS, G. C. Subclinical mastitis changes in somatic cell count in milk samples from ewes on a Scottish farm. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 68, p. 188-192, 2008.

GOULART, A. M. C. Custo de oportunidade: oculto na contabilidade, nebuloso na mente dos contadores. **Revista de Contabilidade e Finanças**, v. 13, n. 30, p. 19-31, 2002.

GOULART, D.; FAVERO, L. A. Os custos de transação como fator crítico para a competitividade: o caso da cadeia produtiva de carne caprina e ovina potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SOBER, 2010. CD-ROM.

- GOUVEIA, A. M. G. Aspectos sanitários do sistema produtivo da caprinos e ovinos. In: SIMPÓSIO DE CAPRINOS E OVINOS DA ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 1., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 2005. CD-ROM.
- GRIGORYEV, I. **Anylogic 6 in three days: a quick course in simulation modeling**. Hampton, NJ: AnyLogic North America, 2012.
- GROMMERT, F. J.; ELVINGI, L.; VAM ELDIK, P. Parturition difficulties in sheep. **Animal Reproduction Science**, n. 9, p. 365-374, 1985.
- GUIMARÃES, V. A.; CANZIANI, J. R. F. **Análise econômica, financeira e de decisão**. Curitiba: : DERE/SCA/UFPR, 2004.
- GUIMARÃES, V. P.; SOUZA, J. D. F. Aspectos gerais da ovinocultura no Brasil. In: SELAIVE, A. B.; OSÓRIO, J. C. S (Ed.). **Produção de ovinos no Brasil**. São Paulo: Roca, 2014. cap.1, p.3-11.
- GUIMARÃES, V. P.; TEDESCHI, L. O.; RODRIGUES, M. T. Development of a mathematical model to study the impacts of production and management policies on the herd dynamics and profitability of dairy goats. **Agricultural Systems**, v. 101, n. 3, p. 186-196, 2009.
- GYVENS, M. D.; MARLEY, M. S. D. Infectious causes of embryonic and fetal mortality. **Theriogenology**, v. 70, p. 270-285, 2008.
- HARREL, C. R.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J.; MOTT, J. A. **System improvement using simulation**. 5. ed. Orem, Utah: ProModel Corporation, 1997.
- HARRELL, C. R.; BATEMAN, R. I. **Simulação: otimizando os sistemas**. 2. ed. São Paulo: IMAM, 2002. 135 p.
- HASKELL, S. R. R. Keratoconjunctivitis/conjunctivitis. In: HASKELL, S. R. R. **Blackwell's five minute veterinary consult: ruminant**. Iowa, USA: Wiley-Blackwell, 2008. p. 450-453.
- HEATH, B.; HILL, R.; CIARALLO, F. A survey of agent-based modeling practices (January 1998 to July 2008). **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 12, n. 4, p. 9, 2009.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. L. **Introdução à pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981. 325 p.

HOLLAND, J. H. Complex adaptative systems. A new era in computation. **Daedalus**, v. 121, n. 1, p. 17-30, 1992.

HOLMOY, I. H.; WAAGE, S.; GRÖHN, Y. T. Ewe characteristics associated with neonatal loss in Norwegian sheep. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 114, n. 3-4, p. 267-275, 2014.

HORNGREN, C. T. **Introdução à contabilidade gerencial**. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1985.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). Cadastro ambiental rural. **Módulos fiscais dos município do estado do Paraná**. 2016. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1328>>. Acesso em: 01 maio 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA: banco de dados agregados**. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor**. Séries Históricas. 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultseriesHist.shtm>. Acesso em: 04 fev. 2016.

INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). Confederação Nacional da Agricultura (CNA). Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). **Estudo sobre a eficiência econômica e competitividade da cadeia agroindustrial da pecuária de corte no Brasil**. Brasília, DF: IEL, 2000, 414 p. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em 14 maio 2015.

INTERNATIONAL JOURNAL OF PROJECT MANAGEMENT (IJMP). Evolution of project management research as evidenced by papers published in the international journal of project management. **International Journal of Project Management**, v. 28, p. 1-6, 2010.

JACKSON, P. G. G. Distocia na ovelha. In: _____. **Obstetrícia veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2006. cap. 6, p. 136-161.

JAHANGIRIAN, M.; ELDABI, T.; NASEER, A.; STERGIOULAS, L. K.; YOUNG, T. Simulation in manufacturing and business: a review. **European Journal of Operational Research**, v. 203, p.1-13, 2010.

JAIN, R. **The art of computer systems performance analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1991. 685 p.

- JENNINGS, N. R.; FARATIN, P.; JOHNSON, M. J.; NORMAN, T. J.; O'BRIEN, P.; WEIGAND, M. E. Agent-based business process management. **International Journal of Cooperative Information Systems**, v. 5, n. 2/3, p. 105-130, 1996.
- JESUS JUNIOR, C.; RODRIGUES, L. S.; MORAES, V. E. G. Ovinocaprinocultura de corte – a convivência dos extremos. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 281-320, 2010.
- JIANG, W.; SULIVAN, A. M.; SU, C.; ZHAN, X. An agent-based model for the transmission dynamics of *Toxoplasma gondii*. **Journal of Theoretical Biology**, v. 293, n. 21, p. 15-26, 2012.
- JONES, J. E. T.; WATKINS, G. H. Mastitis and contagious agalactia. In: MARTIN, W. B.; AITKEN, I. D. (Ed.). **Diseases of sheep**. 3rd ed. Oxford, UK: Blackwell Science, 2000. p. 75-80.
- KAPLAN, R.; BURKE, J. M.; TERRILL, T. H.; MILLER, J. E.; GETZ, W. R.; MOBINI, S.; VALENCIA, E.; WILLIAMS, M. J.; WILLIAMSON, L. H.; LARSEN, M.; VATTA, A. Validation of the FAMACHA® eye colour chart for detecting clinical anaemia in sheep and goats on farms in the southern United States. **Veterinary Parasitology**, v. 123, p. 105-120, 2004.
- KNIGHT, F. **Risk, uncertainty and profit**. London: Houghton Mifflin, 1921.
- KORITIAKI, N.; RIBEIRO, E.; SCERBO, D.; MIZUBUTI, I.; SILVA, L.; BARBOSA, M.; SOUZA, C.; PAIVA, F. Fatores que afetam o desempenho de cordeiros Santa Inês puros e cruzados do nascimento ao desmame. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 1, p. 258-270, 2012.
- KOWALSKI, L. H.; FERNANDES, S. R.; MONTEIRO, A. L. G.; CHEN, R. F. F.; STIVARI, T. S. S. Custos da terminação de cordeiros em sistemas com amamentação controlada e desmame precoce em confinamento e pastagem. In: SIMPÓSIO PARANAENSE DE OVINOCULTURA, 16., 2013, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: Synergismus scyentifica UTFPR, 2013. v. 8.
- KUHNEN, O. L.; BAUER, U. R. **Matemática financeira aplicada e análise de investimentos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- LARSGARD, A. G.; VAABENOE, A. Genetic and environmental causes of variation in mastitis in sheep. **Small Ruminant Research**, v. 12, n. 3, p. 339- 347, 1993.
- LASTER, D. B.; GLIMP, H. A.; DICKERSON, G. E. Factors affecting reproduction in ewe lambs. **Journal of Animal Science**, v. 35, p. 79-83, 1972.
- LAURIA, L. C. Decisões de custos em épocas de crise: aspectos relevantes em orçamentos de investimentos (CAPEX). In: ENCONTRO NACIONAL DOS CONTABILISTAS CERTIFICADOS, 13., 2015, Porto. 2015. Porto, 2015. 25p. Disponível em: <<http://www.occ.pt/news/PENCUSTOS/pdf/052.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

LAURIA, L. C. Gestão estratégica de custos. In: GALVÃO, A.; BRESSAN, A. A.; CAMPOS, B. de. **Finanças corporativas: teoria e prática empresarial no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 604 p.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill. Science/Engineering/Math, 1999. 800 p.

LEAL, L. R.; OLIVEIRA, M. J. F. Simulação de eventos discretos aplicada ao gerenciamento de projetos: uma revisão. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 2, p. 503-525, 2011.

LEE, D. E. Probability of project completion using stochastic project scheduling simulation (SPSS). **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v. 131, n. 3, p. 310-318, fev. 2005.

LEITÃO, P. Agent-based distributed manufacturing control: A state-of-the-art survey. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 22, p. 979-991, 2009.

LEITNER, G.; CHAFFER, M.; SHAMAY, A.; SHAPIRO, F.; MERIN, U.; EZRA, E.; SARAN, A.; SILANIKOVE, N. Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in sheep. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 46–52, 2004.

LIN, S.; DEVISSER, M. H.; MESSINA, J. P. An agent-based model to simulate tsetse fly distribution and control techniques: A case study in Nguruman, Kenya. **Ecological Modelling**, v. 314, n. 24, p. 80-89, 2015.

LIRAVIASI, K. K.; EIMARAGHY, H.; HANAFY, M.; SAMY, S. N. Framework for modelling reconfigurable manufacturing systems using hybridized discrete-event and agent-based simulation. **International Federation of Automatic Control**, v. 48, n. 3, p. 1490-1495, 2015.

LOPES, M. A.; CARVALHO, F. C. de. **Custo de produção do gado de corte**. Lavras: UFLA, 2002. 47 p. Boletim Agropecuário.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Introductory tutorial: agent-based modelling and simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013, Washington. **Proceedings...** Washington, DC: Winter Simulation Conference, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6721434&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel7%2F6709837%2F6721384%2F06721434.pdf%3Farnumber%3D6721434>>. Acesso em: 05 maio 2016.

MACAL, C. M.; NORTH, M. J. Tutorial on agent-based modelling and simulation. **Journal of Simulation**, v. 4, p. 151-162, 2010.

MACEDO, V. P.; MACEDO, L. G. Principais causas de mortalidade de cordeiros: uma revisão. **Pubvet**, v. 2, n. 16, 2008.

MACHLINE, C.; MOTTA, I. S.; WEIL, K. E.; SCHOEPS, W. **Manual de administração da produção**. 3. ed. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1975. v. 2.

MAJEED, A. F. Obstetrical problems and their management in Iraqi goats. **Small Ruminant Research**, v. 14, n. 1, p. 73-78, 1994.

MAJEED, A. F.; TAHA, M. B. Obstetrical disorders and their treatment in Iraqi Awassi ewes. **Small Ruminant Research**, v. 17, v. 1, p. 65- 69, 1995.

MARÇAL, R. C. Um estudo comparativo das técnicas de PERT/COM com a simulação de Monte Carlo, uma ferramenta no gerenciamento de riscos em projetos. In: XVII SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 17., 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2014. p. 1-17. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2014/artigos/E2014_T00177_PCN18843.pdf>. Acesso em: 21 maio 2016.

MARIANO, E. B. Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva. In: XIV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14., 2007, Bauru. **Anais...** Bauru: Unesp: 2007. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=1>. Acesso em: 5 de fev. 2015.

MAROGNA, G.; ROLESU, S.; LOLLAI, S.; TOLA, S.; LEORI, G. Clinical findings in sheep farms affected by recurrent bacterial mastitis. **Small Ruminant Research**, v. 88, n. 2-3, p. 119-125, 2010.

MARTIN, G.; MARTIN-CLOUAIRE, R.; RELIER, J. P.; DURU, M. A simulation framework for the design of grassland-based beef-cattle farms. **Environmental Modelling e Software**, v. 26, n. 4, p. 371–385, 2011.

McCLANE, B. A.; ROOD, J. I. SONGER, J. G. TITBALL, R. W. **The clostridia: molecular biology and pathogenesis**. Great Britain: Academic Press, 2004. 548 p.

McMILLAN, W. H. Hogget lamb mortality. **New Zealand Society of Animal Production**, v. 43, p. 33-36, 1983.

MEDEIROS, J. M.; TABOSA, I. M.; SIMÕES, S. V. D.; NÓBREGA-JÚNIOR, J.E.; VASCONCELOS, J.S.; RIET-CORREA, F. Mortalidade perinatal em cabritos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 201-206, 2005.

MEDEIROS, J. X.; BRISOLA, M. V. Enfoques teóricos utilizados para o estudo do sistema agroindustrial da ovinocaprinocultura. In: MEDEIROS, J. X.; BRISOLA, M. V. (Ed.). **Gestão e organização no agronegócio da ovinocaprinocultura**. Brasília: PROPAGA/UnB, 2009. p.11.

MEDERIOS, J. X.; SANTO, E. E.; COSTA, N. G.; RIBEIRO, J. G. B. L. Cenário mercadológico da ovinocultura. In: MEDEIROS, J. X.; BRISOLA, M. V. **Gestão e organização no agronegócio da ovinocaprino-cultura**. Brasília: Santa Clara, 2009, p. 21-32.

MÉNDEZ, M. C.; RIET-CORREA, F.; RIBEIRO, J.; SELAIVE, A.; SCHILD, A. L. Mortalidade perinatal em ovinos nos municípios de Bagé, Pelotas e Santa Vitória do Palmar, Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 2, n. 2, p. 69-76, 1982.

MENDONÇA, C. L.; AFONSO, J. A. B.; COSTA, N. A. Mastite em ovelhas. **Veterinária e Zootecnia**, CRMV-PE, v. 25, p. 10-13, 2005.

MENZIES, P. I.; RAMANOON, S. Mastitis of sheep and goats. **Veterinary Clinics of North America: food animal practice**, v. 17, n. 2, p. 333-358, 2001.

MERSMANN, H. J. Metabolic and endocrine control of adipose tissue accretion. In: WOOD, J. D.; FISHER, A. V. (Ed.). **Reducing fat in meat animals**. London: Elsevier Science, 1990. p.101-144.

MINAR, N.; BURKHART, R.; LANGTON, C. G.; ASKENAZI, M. **The swarm simulation system: a toolkit for building multi-agent simulation**. Working paper 69-06-042, Santa Fe, MN: Santa Fe Institute, 1996. Disponível em: < <http://www.santafe.edu/media/workingpapers/96-06-042.pdf> >. Acesso em: 5 maio 2016.

MOBINI, S.; HEATH, A. M.; PUGH, D. G. Theriogenology of sheep and goats. In: PUGH, D. G. **Sheep and goats medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2002. v. 1, chap. 6, p. 129-186.

MOHAMMADI, K.; NASSIRI, M. T. B.; FAYAZI, J.; ROSHANFEKR, H. Investigation of environmental factors influence on pre-weaning growth traits in Zandi lambs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Pakistan, v. 9, n. 6, p. 1011-1014, 2010.

MOLENTO, M. B.; TASCA, C.; GALLO, A.; FERREIRA, M.; BONONI, R.; STECCA, E. Método Famacha como parâmetro clínico individual de infecção por *Haemonchus contortus* em pequenos ruminantes. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1139-1145, 2004.

MOLENTO, M. B.; VERÍSSIMO, C. J. Método Famacha: nova estratégia no controle de endoparasitoses em pequenos ruminantes. **Veterinária in Foco**, v. 1, p. 17-18, 2003.

MONTEVECHI, J. A. B.; DUARTE, R.; NILSSON, G. V. O uso da simulação para análise do *layout* de uma célula de manufatura. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, n. 1, p. 15-29, 2003.

MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; COSTA, R. F. S.; OLIVEIRA, M. L. M.; SILVA, A. L. F. Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted

IDEF: an application in a Brazilian tech company. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2010, Baltimore, Maryland. **Proceedings...** Washington, DC, USA, 2010. 12 p.

MORAES, C. O. C. Sistemas de criação de ovinos nos ambientes ecológicos do sul do Rio Grande do Sul. **Embrapa Pecuária Sul, Sistema de Produção**, v. 2, 2008. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ovinos/CriacaoOvinosAmbientesEcologicosSulRioGrandeSul/reproducao.htm>>. Acesso em: 12 maio 2016.

MORAES, F. R.; THOMAZ-SOCCOL, V.; ROSSI, JR., P.; WOLFF, F. M.; CASTILHO, G. G. Susceptibilidade de ovinos das raças Suffolk e Santa Inês à infecção natural por tricostrongilídeos. **Archives of Veterinary Science**, v. 6, n. 1, p. 63-69, 2000.

MOSEF, Y. **Complex simulation systems**. Ghent: Society of Computer Simulation, 1997.

MUWALLA, M. M.; HARB, M. Y.; CROSBY, T. F. Effects of lasalocid and protein levels on performance of Awassi lambs. **Small Ruminant Research**, v. 28, p. 15-22, 1998.

NANCE, R. E. A Tutorial View of Simulation Model Development. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1983, Arlington, VA. **Proceedings...** Arlington, VA., 1983. p. 325-331.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7. ed. Washinton: National Academy Press, 2001. 381 p.

NELSON, B. L. **Stochastic modeling: analysis and simulation**. New York: McGraw-Hill, 1995. 32 p.

NEW ZEALAND SHEEPBREEDERS ASSOCIATION. **Suffolk – origin & history**. 2015. Disponível em: <<http://www.nzsheep.co.nz/index.php?page=suffolk>>. Acesso em: 01 fev. 2015.

NOAKES, D. E. **Fertilidade e obstetrícia veterinária**. São Paulo: Varela, 1991. p. 75-90.

NOAKES, D. E.; PARKINSON, T. J.; ENGLAND, G. C. W. **Arthur's Veterinary reproduction and obstetrics**. 9. ed. Edinburg, London: Saunders, 2009.

NÓBREGA JR, J. E.; RIET-CORREA, F.; NÓBREGA, R. S.; MEDEIROS, J. M.; VASCONCELOS, J. S.; SIMÕES, S. V. D.; TABOSA, I. M. Mortalidade perinatal de cordeiros no semi-árido da Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 171-178, 2005.

- NORONHA, J. F. Matemática financeira e análise de investimentos. In: SENAR-PR. **Programa empreendedor rural**. Curitiba: SENAR-PR, 2003. 37 p.
- NORTH, M. J.; MACAL, C. M. **Managing business complexity discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation**. Nova York: Oxford University Press, Inc. 2007. 236 p.
- NOTTER, D. R. Effect of ewe age and season of lambing on prolificacy in US Targhee, Suffolk, and Polypay sheep. **Small Ruminant Research**, v. 38, n. 1, p. 1-7, 2000.
- NUGENT III, R. A.; NOTTER, D. R.; McCLURE, W. H. Effects of ram preexposure and ram breed on fertility of ewes in summer breeding. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 1622-1626, 1988.
- NUNES, D. L.; BARBIERI, J. P.; PINHO, A. F. Análise do ritmo de trabalho em um processo produtivo através da simulação baseada em agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas, 2015. p. 3258-3269.
- ODELL, J. Objects and agents compared. **Journal of Object Technology**, v. 1, n. 1, p. 41-53, 2002.
- ÖREN, T. I. Future of Modeling and Simulation: Some Development Areas. In: SUMMER COMPUTER SIMULATION CONFERENCE, 2., 2002, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2002.
- ORTOLANI, E. L.; BENESI, F. J. Ocorrência de toxemia da prenhez em cabras (*Capra hircus* L.) e ovelhas (*Ovis aries* L.) criadas no estado de São Paulo, Brasil. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 26, n. 2, p. 229-234, 1989.
- OSORIO, A.; RASI, L. Ovinocultura e abate clandestino: um problema fiscal ou uma solução de mercado? **Revista de Política Agrícola**, v. 19, n. 1, 71-83. 2010.
- OSÓRIO, J. C.; AVILA, V.; JARDIM, P. O.; PIMENTEL, M.; POUEY, J. L. O. F.; LUDER, W. Produção de carne em cordeiros cruza Hampshire Down com Corriedale. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 2, p. 99-104, 1996.
- PAIM, T. P.; CARDOSO, M. T. M.; BORGES, B. O.; GOMES, E. F.; LOUVANDINI, H.; McMANUS, C. Estudo econômico da produção de cordeiros cruzados confinados abatidos em diferentes pesos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 48-57, 2011.
- PARANÁ (Estado). Decreto n. 882, de 29/05/2007. Dispõe sobre o crédito presumido de ICMS para as operações com carnes e produtos resultantes do abate em frigoríficos e dá outras providências. **Diário Oficial Nº 7481**, Curitiba, PR, 29 maio

2007. Disponível em: <<http://www.sefanet.pr.gov.br/SEFADocumento/Arquivos/2200700882.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2016.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. **SEAB**: preços de terras agrícolas – pesquisa anual. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=30#Conceito>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

PAULA, T. H. P.; CROCCO, M. Financiamento e diversidade produtiva: um modelo baseado em agentes com flutuações cíclicas emergentes. **Revista Econômica Contemporânea**, v. 17, n. 1, p. 5-38, 2013.

PEGDEN, C. D.; SHANNON, R. E.; SADOWSKI, R. P. **Introduction to simulation using SIMAN**. New York: McGraw-Hill, Inc., 1995.

PEGDEN, C.; SHANNON, R.; SADOWSKI, R. **Introduction to simulation using SIMAN**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

PEREIRA NETO, O. A. **Manejo de ovinos**. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - RS, 2003. 35 p.

PEREIRA, A. C.; SOUZA, B. F.; REDAELLI, D. R.; IMONIANA, J. O. Custo de oportunidade: conceitos e contabilização. **Caderno de Estudos**, n. 2, p. 01-24, 1990.

PEREIRA, P. F. V.; STOTZER, E. S.; PRETTO, G.; LUCIENNE, G.; MÜLLER, E. E.; LISBÔA, J. A. N. Fatores de risco, etiologia e aspectos clínicos da mastite em ovelhas de corte no Paraná. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 1-10, 2014.

PEREIRA, T. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; MIRANDA, R. C. Gestão do conhecimento em projetos de simulação: uma abordagem da espiral do conhecimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais...** Salvador, 2013. 19 p.

PIDD, M. **Modelagem empresarial**: ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1996.

PIDD, M. **Computer simulation in management science**. 5. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

PIRES, C. C.; MÜLLER, L.; TONETTO, C. J.; CARVALHO, S. Influência do tipo de parto e do sexo no desempenho e nas características da carcaça de cordeiros cruzados Ile de France x Texel. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 432-437, 2011.

PIROTTA, E.; NEW, L.; HARWOOD, J.; LUSSEAU, D. Activities, motivations and disturbance: An agent-based model of bottlenose dolphin behavioral dynamics and

interactions with tourism in Doubtful Sound, New Zealand. **Ecological Modelling**, v. 282, n. 24, p. 44-58, 2014.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; BARROS, C. S.; MORAES, A.; FERNANDES, M. A. M.; PIAZZETTA, H. V. L. Produção de ovinos de corte em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 666-673, 2008.

POMAR, J.; LÓPEZ, V.; POMAR, C. Agent-based simulation framework for virtual prototyping of advanced livestock precision feeding systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 78, n. 1, p. 88-97, 2011.

PRADO, D. **Usando o Arena® em simulação**. Belo Horizonte: INDG, 2004. 286 p. (Série Pesquisa Operacional, v. 3).

PRADO, O. R. **Eficiência reprodutiva de borregas e ovelhas submetidas a protocolos hormonais de curta e longa duração e inseminadas em tempo fixo com diferentes metodologias e tipos de sêmen**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PRODAN, A.; PRODAN, R. **Stochastic simulation and modelling**. In: EXCHANGE OF TECHNOLOGY AND KNOW-HOW: NEW TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES FOR STATISTICS, 2001, Crete Island. 2001. **Proceedings...** ETK-NTTS, Crete Island, 2001. p. 461-466.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **O que é gerenciamento de projetos**. Project Management Institute Inc. 2016. Disponível em: <<https://brasil.pmi.org/brazil/AboutUS/WhatIsProjectManagement.aspx>>. Acesso em: 21 maio 2016.

PUILLET, L.; MARTIN, O.; SAUVANT D.; TICHIT, M. An individual-based model simulating goat response variability and long-term herd performance. **Animal**, v. 4, n. 12, p. 2084-2098, 2010.

PUROHIT, G. N. Dystocia in the sheep and goat: a review. **The Indian journal of Small Ruminants**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2006.

QUESADA, M.; McMANUS, C.; COUTO, F. A. A. Efeitos genéticos e fenotípicos sobre características de produção e reprodução de ovinos deslanados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 342-349, 2002.

QUIRKE, J. F.; HANRAHAN, J. P. Comparison of the survival in the uteri of adult ewes of cleaved ova from adult ewes and ewe lambs. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 51, p. 487-489, 1977.

RABELO, L.; HELAL, M.; JONES, A.; MIN, H. Enterprise simulation: a hybrid system approach. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 18, n. 6, p. 498-508, 2005.

- RAHMAN, W. A.; COLLINS, G. H. An association of faecal egg counts and prolactin concentrations in sera of parturient angora goats. **Veterinary Parasitology**, v. 43, n. 1-2, p. 85-91, 1992.
- RAINERI, C.; BARROS, C. S.; GAMEIRO, A. H. Caracterização da ovinocultura de corte em cinco regiões do estado de São Paulo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012.
- RAINERI, C.; LOPES, M. R. F.; STIVARI, T. S. S.; BARROS, C. S. de; NUNES, B.B. P.; GAMEIRO, A. H. As inovações tecnológicas na ovinocultura brasileira e seus efeitos na organização do sistema agroindustrial. **Pubvet**, v. 7, n. 21, p. 2088-2188, 2013.
- RAINERI, C.; ROJAS, O. A. O.; GAMEIRO, A. H. Custo de produção na agropecuária: da teoria econômica à aplicação no campo. **Empreendedorismo, Gestão e Negócios**, v. 4, n. 4, p. 194-211, 2015.
- RAINERI, C.; STIVARI, T. S. S.; GAMEIRO, A. H. Lamb production costs: analyses of composition and elasticities analysis of lamb production costs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 28, n. 8, p.1209-1215, 2015.
- RAMOS, G. M. **Análise prospectiva da capacidade de processamento de cargas pela ferrovia no porto de Santos**. 2003. 100 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- RAND, W.; RUST, R. T. Agent-based modeling in marketing: guidelines for rigor. **International Journal of Research in Marketing**, v. 28, n. 3, p. 181-193, 2011.
- REILING, B. A. **Standardized calculation and interpretation of basic cow herd performance measures**. Nebraska: NebGuide, Nebraska Extension, Beef Management. 2011. Disponível em: <<http://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2094/build/g2094.htm>>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- REIS, R. P.; MEDEIROS, A. L.; MONTEIRO, L. A. Custos de produção da atividade leiteira na região sul de Minas Gerais. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 3, n. 2, p. 45-52, 2001.
- RESENDE, K. T.; SILVA, H. G. O.; LIMA, L. D.; TEIXEIRA, I. A. M. A. T. Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 161-177, 2008.
- RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A.; BIAGIOLI, B.; LIMA, L. D.; BOAVENTURA NETO, O.; PEREIRA JÚNIOR, J. D. Progresso científico em pequenos ruminantes na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 369-375, 2010.

RESENDE, M. V.; BISCARDE, C. E. A.; MARTINS, L. E. P.; KIYA, C. K.; LIMA, V. F. M. H.; GUSMÃO, A. L. Centrifugação de espermatozoides ovinos em gradiente de densidade contínuo: efeito sobre a taxa de prenhez e proporção do sexo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 125-132, 2015.

REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL. **Organização sem fins lucrativos para desenvolver as melhores práticas para Logística Reversa**. Reno, Nevada: 2004. Disponível em: <<http://www.rlec.org/glossary.html>>. Acesso em: 31 abr. 2014.

REY, R. W. P. **Bases para um bom manejo do rebanho ovino de cria**. Porto Alegre: Agropecuária, 1976. 49 p.

RIBEIRO, F. R. **Modelo de simulação para análise operacional de pátio de aeroportos**. 2003. 198 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RIBEIRO, L. A. O. Relação entre condição corporal e a idade das ovelhas no encarneamento com a prenhez. **Ciência Rural**, v. 33, p. 357-361, 2003.

RIBEIRO, T. M. D. **Produção intensiva de cordeiros Suffolk em pastagem com ou sem desmama e comportamento seletivo de ovelhas Coopworth em pastejo**. Botucatu, 2010, 104 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2010.

RIBEIRO, T. M. D.; COSTA, C.; MONTEIRO, A. L. G.; PIAZZETTA, H. L.; SILVA, M. G. B.; SILVA, C. J. A.; PRADO, O. R.; FERNANDES, M. A. M.; MEIRELLES, P. R. L. Características das carcaças de cordeiros lactentes terminados em creep feeding e creep grazing. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, n. 3, p. 9-17, 2013.

RIBEIRO, T. M. D.; MONTEIRO, A. L. G.; PRADO, O. R.; NATEL, A. S.; SALGADO, J. A.; PIAZZETTA, H. V. P.; FERNANDES, S. R. Desempenho animal e características das carcaças de cordeiros em quatro sistemas de produção. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, p. 366-378, 2009.

RIET-CORREA, F. Mortalidade perinatal em ovinos e caprinos. In: FRANKLIN RIET-CORREA, F.; SCHILD, A. L.; LEMOS, R. A. A. de; BORGES, J. R. J.; VARGAS, A. C. Doenças de ruminantes e eqüídeos. Santa Maria: Palotti, 2007. v. 2, cap. 6, p. 455-465.

ROBERTS, S. J. The causes of dystocia. In: ROBERTS, S. J. **Veterinary obstetrics and genital diseases theriogenology**. 2. ed. Michigan: Edwards Brothers, 1971. cap. 8, p. 227-236.

ROBINSON, J. J. Embryo survival. **Proceedings of the Sheep Veterinary Society**, v. 17, p. 55-66, 1993.

- ROCHA, L. P.; FRAGA A. B.; ARAÚJO FILHO J. T.; FIGUEIRA, R. F.; PACHECO, K. M. G.; SILVA, F. L.; RODRIGUES, D. S. Desempenho de cordeiros cruzados em Alagoas, Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 221, p. 145-148, 2009.
- RODRIGUES, A. D.; AUGUSTO, L.; BARCELOS, B.; GAMEIRO, A. H. Formas de governança nas transações entre ovinocultores e frigoríficos no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 43, n. 3, p. 35-43, 2013.
- RODRIGUES, F. F.; LUSTOSA, P. R. B.; PRIMO, U. R. O efeito da depreciação no fluxo de caixa das operações das empresas do setor elétrico brasileiro nos anos de 2001 e 2002. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v. 2, n. 1, p. 5-13, 2005.
- RODRIGUES, R. **Viabilidade econômica de um sistema de produção pecuária de bovinos sob alta lotação: uso na pesquisa e na pecuária comercial**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.
- ROSANOVA, C.; SILVA SOBRINHO, A. G.; GONZAGA NETO, S. A raça Dorper e sua caracterização produtiva e reprodutiva. **Veterinária Notícias**, v. 11, n. 1, p. 127-135, 2005.
- RUSSEL, A. J. F.; DONEY, J. M.; GUNN, R. G. Subjective assessment of body fat in live sheep. **Journal Agricultural Science**, v. 72, p. 451-454, 1969.
- SAKURADA, N.; MIYAKE, D. I. Simulação baseada em agentes (SBA) pra modelagem de sistemas de operações. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 12., 2009. **Anais...** São Paulo, 2009.
- SALGADO, J. A. **Sistemas de produção de cordeiros e seu efeito na infecção por helmintos gastrintestinais**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.
- SALGADO, J. A.; SOUZA, D. F.; MONTEIRO, A. L.; HENTZ, F.; SILVA, M. G. B.; PAULA, E. F. E.; CRUZ, T. A. Efeito do desmame e da suplementação sobre a infecção parasitária e desenvolvimento ponderal de cordeiros terminados em sistemas na pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009.
- SALIBY, E. **Repensando a simulação: a amostragem descritiva**. São Paulo: Atlas, 1989.
- SAMUELSON, D. A. Agents of change: how agent-based modeling may transform social science. **OR/MS Today**, v. 32, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.orms-today.org/orms-2-05/fragments.html>>. Acesso em: 06 maio 2016.

SAMUELSON, D. A.; MACAL, C. M. Agent-based simulation comes of age: software opens up many new areas of application. **OR/MS Today**, v. 33, n. 4, 2006.

Disponível em: <<http://www.orms-today.org/orms-8-06/fragent.html>>. Acesso em: 05 maio 2016.

SANTANA, R. C. M. **Tratamento da mastite subclínica de ovelhas no período seco com antimicrobiano convencional e antimicrobiano nanoparticulado.**

2014. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014.

SANTELLO, G. A.; MACEDO, F. A. F.; MEXIA, A. A.; SAKAGUTI, E. S.; DIAS, F. J.; PEREIRA, M. F. Característica de carcaça e análise do custo de sistemas de produção de cordeiras ½ Dorset Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1852-1859, 2006.

SANTOS, F. C. O.; MENDONÇA, C. L.; SILVA FILHO, A. P.; CARVALHO, C. C. D.; SOARES, P. C.; AFONSO, J. A. B. Indicadores bioquímicos e hormonais de casos naturais de toxemia da prenhez em ovelhas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 11, p. 974-980, 2011.

SANTOS, F. F.; GAMEIRO, A. H. A importância das ovelhas para manutenção das landscape: pode o modelo europeu servir de inspiração para o Brasil? 2016.

Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/a-importancia-das-ovelhas-para-manutencao-das-ilandscapei-pode-o-modelo-europeu-servir-de-inspiracao-para-o-brasi-99651n.aspx>>. Acesso em: 09 maio 2016.

SANTOS, G. M. G.; SILVA-SANTOS, K. C.; MELO-STERZA, F. A.; MIZUBUTI, I. Y.; MOREIRA, F. B.; SENEDA, M. M. Desempenho reprodutivo de ovelhas mestiças lanadas e deslanadas submetidas a protocolo hormonal a base de progestágeno e eCG durante a contraestação reprodutiva. **Semina: ciências agrárias**, v. 32, p. 723-732, 2011.

SANTOS, H. C. **Mastite clínica em ovelhas da raça Santa Inês no semi-árido da Paraíba.** 2008. 36 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária: Ruminantes e Equídeos) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

SANTOS, N. P. S.; SARMENTO, J. L. R.; PIMENTA FILHO, E. C.; CAMPELO, J. E. G.; FIGUEIREDO FILHO, L. A. S.; SOUSA JÚNIOR, S. C. Environmental and genetic aspects of litter size in goats using linear and threshold bayesian models. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 885-893, 2013.

SANTOS, R. A.; MENDONÇA, C. L.; AFONSO, J. A. B.; SIMÃO, L. C. V. Aspectos clínicos e das características físico-químicas do leite em ovelhas com mastite induzida experimentalmente com *Staphylococcus aureus*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 6-12, 2007.

SARGENT, R. G. Validation and verification of simulation models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, Washington, 2010. **Proceedings...** Washington, DC, USA, 2010.

SARGENT, R. G. Varification and Validation of Simulation Models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1994, New York. **Proceedings...** New York, 1994. p. 77-87.

SARGENT, R. G. Verification and validation of simulation models. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2007, New Jersey. **Proceedings...** New Jersey: IEEE, 2007. p. 124-137.

SARGISON, N. D. Pregnancy toxemia. **Diseases of sheep**. 4. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. p. 359-363.

SARMENTO, J. L. R.; PIMENTA FILHO, E. C.; ABREU, U. G. P.; RIBEIRO, M. N.; SOUSA, J. E. R. Litter size of crossbreed dairy goats in the northeastern semi-arid. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1471-1476, 2010.

SASA, A.; TESTON, D. C.; RODRIGUES, P. A.; COELHO, L. A.; SCHALCH, E. Concentrações plasmáticas de progesterona em ovelhas lanadas e deslanadas no período de abril a novembro, no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1150-1156, 2002.

SAVELLI, J. W.; MUELLER, S. L.; BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 449-459, 2005.

SCHIERITZ, N.; MILLING, P. R. Modeling the forest or modeling the trees - a comparison of system dynamics and agent-based simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE SYSTEM DYNAMICS SOCIETY, 21, 2003, New York. **Proceedings...** New York, 2003.

SCHRIBER, T. J. **Simulation using GPSS**. New York: Belvoir Defense Technical Information, Wiley, 1974. 548 p.

SCOLLAN, N. D.; DEWHURST, R. J.; MOLONEY, A. P.; MURPHY, J. J. Improving the quality of products from grassland. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2005. p. 41-56.

SCOTT, P. R. Ovine caesarean operations: a study of 137 field cases. **British Veterinary Journal**, v. 145, n. 6, p. 558-564, 1989.

SCOTT, P. R.; GESSERT, M. E. Evaluation of caudal epidural lignocaine injection during dystocia correction in ewes. **Veterinary Record**, v. 138, n. 1, p. 19-20, 1996.

SEABRA, L. **Ovelhas no pasto, dinheiro no bolso**. Secretaria de comunicação da Universidade de Brasília. 2004. Disponível em: <<http://www.secom.unb.br/unbagencia/ag0904-05.htm>>. Acesso em 24 set. 2014.

SEBEI, P. J.; McCRINDLE, C. M. E.; WEB, E. C. Factors influencing weaning percentages of indigenous goats on communal grazing. **South African Journal of Animal Science**, v. 4, p. 130-133, 2004.

SELAIVE, A. B. Considerações sobre descarte de ovinos. Bagé: EMBRAPA/UEPAE, 1980. 18 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/218035/consideracoes-sobre-descarte-dos-ovinos>>. Acesso em: 11 maio 2016.

SENTS, A. E.; WALTER, L. E.; WHITEMAN, J. V. Performance and carcass characteristics of ram lambs slaughtered at different weights. **Journal of Animal Science**, v. 55, p. 1360-1369, 1982.

SHACKELFORD, S. D.; LEYMASTER, K. A.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M. Effects of breed of sire on carcass composition and sensory traits of lamb. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 11, p. 4131-4139, 2015.

SHAH, A. P.; PRITCHETT, A. R.; FEIGH, K. M.; KALAVER, S. A.; JADHAV, A.; CORKER, K. M.; HOLL, D. M.; BEA, R. C. Analyzing air traffic management systems using agent-based modelling and simulation. In: EUA/EUROPE AIR TRAFFIC MANAGEMENT RESEARCH E SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO, 6., 2005, Baltimore, Maryland. 2005. Disponível em: <http://icrat.org/seminarContent/seminar6/papers/p_129_IAC.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2016.

SHANNON, R. E. Introduction to simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 24., Arlington, 1992. **Proceedings...** 1992. p. 65-73.

SHANNON, R. E. **Systems simulation: the art and science**. Englewood Cliff: Prentice Hall, 1975. 368 p.

SIEBERS, P. O.; MACAL, C. M.; GARNETT, J.; BUXTON, D.; PIDD, M. Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation! **Journal of Simulation**, v. 4, n. 3, p. 204-210, 2010.

SILVA SOBRINHO, A. G.; PURCHAS, R. W.; KADIM, I. T.; YAMAMOTO, S. M. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 1070-1078, 2005.

SILVA, A. K. **Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos**. 2006. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

- SILVA, A. P. S. P.; SANTOS, D. V.; KOHEK JR, I.; MACHADO, G.; HEIN, H. E.; VIDOR, A. C. M.; CORBELLINI, L. G. Ovinocultura do Rio Grande do Sul: descrição do sistema produtivo e dos principais aspectos sanitários e reprodutivos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1453-1458, 2013.
- SILVA, C. J. A. **Estratégias de suplementação e desmame precoce de cordeiros e sua influência nas características de pastagem e na produtividade animal**. Curitiba, 2010, 113 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- SILVA, C. J. A.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, S. R.; POLI, C. H. E. C.; PRADO, O. R.; SOUZA, D. F. Efeito do creep feeding e creep grazing nas características da pastagem de tifton e azevém e no desempenho de ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 13, n. 2, p. 165-174, 2012.
- SILVA, E. M. M.; SENA, D. C.; COSTA, A. P. R.; PINHO, A. F. Simulação híbrida no processo produtivo do palmito pupunha. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas, 2015. p. 3258-3269.
- SILVA, F. L. R.; ARAÚJO, A. M. Características de reprodução e de crescimento de ovinos mestiços Santa Inês, no Ceará. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1712-1720, 2000.
- SILVA, J. C. G. L. da Matemática financeira e análise de investimentos. **Programa empreendedor rural**. Curitiba: SENAR-PR, 2003. p. 361-395.
- SILVA, M. G. B.; FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. C.; ARRUDA, G. M. M. F. Implicações econômicas no sistema de módulos mínimos para ovinocultura. **Agripoint: sistemas de produção**. 2011. Disponível em: <<http://www.farmpoint.com.br/radares-tecnicos/sistemas-de-producao/implicacoes-economicas-no-sistema-de-modulos-minimos-para-ovino-cultura-72519n.aspx>>. Acesso em: 21 dez. 2011.
- SILVA, N. S.; SILVEIRA, J. A. S.; PINHEIRO, C. P.; SOUSA, M. G. S.; OLIVEIRA, C. M.; MENDONÇA, C. L.; DUARTE, M. D.; BARBOSA, J. D. Etiologia e perfil de sensibilidade de bactérias isoladas de ovelhas com mastite na região nordeste do estado do Pará. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 12, p. 1043-1048, 2010.
- SIMPLÍCIO, A. A.; AZEVEDO, H. C. Manejo reprodutivo: foco na taxa de reprodução. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 320-331, 2014.
- SIMPLÍCIO, A. A.; SIMPLÍCIO, K. M. M. G. Caprinocultura e ovinocultura de corte: desafios e oportunidades. **Revista CFMV**, Brasília, DF, p 7-18, 2006.
- SMIDERLE, W. A. **Eficiência reprodutiva de borregas de um rebanho Suffolk no Rio Grande do Sul**. 2009. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) -

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Porto Alegre, 2009.

SMITH, B. P. Pregnancy toxemia in ewes and does. In: _____. **Large animal internal medicine**. 3. ed. St Louis: Mosby, 2002. p. 811-812.

SMITH, M. C.; SHERMAN, D. M. Enterotoxemia. In: SMITH, M. C.; SHERMAN, D. M. (Ed.). **Goat medicine**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994. p. 289-305.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. Leicester, England: Troubador Publishing Ltd., 2007.

SNOWDER, G. D.; DUCKETT, S. K. Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 2, p. 368-375, 2002.

SOARES, L. S. U.; WOMMER, T. P.; HASTENPFLUG, M. Dinâmica de peso, escore de condição corporal e grau famacha em ovelhas texel de diferentes idades e gestantes. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 15, p. 68-74, 2012.

SOHAL, J.; PARAVINJA, V.; BABY, T.; MURAWSKI, M.; SCHWARZ, T.; ZIEBA, D.A.; KEISLER, D. H.; BARTLEWSKI, P. M. Is progesterone the determining regulatory factor behind ovulation rate in ewes? **Reproduction, Fertility and Development**, v. 27, n. 1, p. 180-180, 2014.

SØRENSEN, J. T.; KRISTENSEN, E. S.; THYSEN, I. A stochastic model simulating the dairy herd on a PC. **Agricultural Systems**, v. 39, n. 2, p. 177-200, 1992.

SOTOMAIOR, C. S.; DE-CARLI, L. M.; TANGLEICA, L.; KEIBER, B. K.; SOUZA, F. P. Identificação de ovinos e caprinos resistentes e susceptíveis aos helmintos gastrointestinais. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 4, p. 397-412, 2007.

SOTOMAIOR, C. S.; SOCCOL, V. T. Infecção parasitária em ovinos criados em sistema intensivo: Acompanhamento de evolução do parasitismo durante um ano. **A Hora Veterinária**, v. 119, p. 10-15, 2001.

SOUZA, C. J. H.; MELO, E. O.; MORAES, J. C. F. Genética da prolificidade e seu emprego na produção ovina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2009. Belo Horizonte. **Anais...** 2009. CD-ROOM.

SOUZA, D.A. Entendendo o sistema agroindustrial da carne ovina no Brasil. **FarmPoint: Cadeia Produtiva, Conjuntura de Mercado**, 2010. Disponível em: <<http://www.farmpoint.com.br/cadeia-produtiva/conjuntura-de-mercado/entendendo-o-sistema-agroindustrial-da-carne-ovina-no-brasil-60477n.aspx>>. Acesso em: 5 fev. 2015.

SOUZA, F. A. A.; LOPES, M. A.; DEMEU, F. A. Panorama da ovinocultura no estado de São Paulo. **Revista Ceres**, v. 55, n. 5, 384-388, 2008.

SOUZA, G. M.; MANZATTO, A. G. Hierarquia autoorganizada em sistemas biológicos. In: D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZÁLES, M. E. Q. (Ed.). **Auto-organização: estudos interdisciplinares**. Campinas: CLE/UNICAMP, 2000. v. 30, p. 153-173.

STIVARI, T. S. S. **Análise econômico-financeira de produção de ovinos em pastagem**. Curitiba, 2012. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

STIVARI, T. S. S. Simulação de eventos discretos: ferramenta para planejamento, gestão e pesquisa pecuária. **Boletim Eletrônico de Socioeconomia e Ciência Animal**, n. 58, p. 1-2, 2012.

STIVARI, T. S. S.; MONTEIRO, A. L. G.; GAMEIRO, A. H.; CHEN, R. F. F.; SILVA, C. J. A.; DE PAULA, E. F. E.; KULIK, C. H.; PRADO, O. R. Viabilidade econômico-financeira de sistemas de produção de cordeiros não desmamados em pastagem com suplementação em cocho ou pasto privativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 396-405, 2013.

STOTT, A. W.; MILNE, C. E.; GODDARD, P. J.; WATERHOUSE, A. Projected effect of alternative management strategies on profit and animal welfare in extensive sheep production systems in Great Britain. **Livestock Production Science**, v. 97, p. 161-171, 2005.

SUH, E. S. Cross-docking assessment and optimization using multi-agent co-simulation: a case study. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 27, n. 1, p. 115-133, 2015.

SWAIN, J. J. New frontiers in simulation: biennial survey of discrete-event simulation software tools. **OR/MS Today**, v. 34, n. 5. 2007. Disponível em: <<http://viewer.zmags.com/publication/840980b8#/840980b8/40>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

SWEENEY, T.; CALLAGHAN, D. Breeding season and ovulation rate in ewes treated with long days in spring followed by a melatonin implant and exposure to a ram. **Animal Science**, v. 62, p. 507-512, 1996.

SYBERFELDT, A. GRIMM, H.; NG, M.; ANDERSSON, M. ; KARLSSON, I. Simulation-based optimization of a complex mail transportation network. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 20., 2008. **Proceeding...** 2008. p. 2625-2631.

TAVARES, L. V. A review of the contribution of operational research to project management. **European Journal of Operational Research**, v. 136, p. 1-18, 2002.

TELGEN, D.; MOERGESTEL, L.; PUIK, E.; ZANTEN, A.; ABDULAMIR, A.; MEYER, J. Automatic Structured decomposition of manufacturing actions in an agent-based manufacturing system. In: INTERNATIONAL CONFERENCES ON WEB INTELLIGENCE (WI); INTELLIGENT AGENT TECHNOLOGY (IAT), 2013, Atlanta, GA. 2013. v. 2, p. 155-162.

TORO-MUJICA, P.; GARCÍA, A.; GÓMEZ-CASTRO, A. G.; ACERO, R.; PEREA, J.; RODRÍGUES-ESTÉVEZ, V.; AGUILAR, C.; VERA, R. Technical efficiency and viability of organic dairy sheep farming systems in a traditional area for sheep production in Spain. **Small Ruminant Research**, v. 100, n. 2, p. 89-95, 2011.

TUROWSKI, K. **Agent-based e-commerce in case of mass customization.** **International Journal of Production Economics**, v. 75, n. 1/2, n. 10, p. 69-81, 2002.

TURQUINO, C. F. **Transferência de imunidade passiva e comportamento de cordeiros de corte recém-nascidos.** 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

TURQUINO, C. F.; FLAIBAN, K. K. M. C.; LISBÔA, J. A. N. Transferência de imunidade passiva em cordeiros de corte manejados extensivamente em clima tropical. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 199-505, 2011.

URACH, C.; ZAUNER, G.; ENDEL, G.; WILBACHER, I.; BREITENECKER, F. A modular simulation model for assessing interventions for abdominal aortic aneurysms. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2013. **Proceedings...** Washington, 2013. p. 66-76.

VAN WYK, J.; BATH, G. The FAMACHA ® system for managing Haemonchosis in sheep and goat by clinically identifying individual animals for treatment. **Journal of Veterinary Research**, v. 33, n. 5, p. 509-522, 2002.

VERISSÍMO, C. J.; ZAFALON, L. F.; OTSUK, I. P.; NASSAR, A. F. C. Prejuízos causados pela mastite em ovelhas Santa Inês. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 4, p. 583-591, 2010.

VIANA, J. G. A. **Governança da cadeia produtiva da ovinocultura no Rio Grande do Sul:** estudo de caso à luz dos custos de transação e produção. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

VIANA, J. G. A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no Brasil. **Revista Brasil**, v. 4, n. 12, 2008.

VIANA, J. G. A.; MACIEL, R. G. Análise comparativa da configuração econômica e institucional da ovinocultura do Rio Grande do Sul e Uruguai. In: REUNIÃO ANUAL

DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012. Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 2012.

VIANA, J. G. A.; MORAES, M. R. E.; DORNELES, J. P. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. In: SEMINÁRIO DE JOVENS PESQUISADORES EM ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO, 1., 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2013.

VIANA, J. G. A.; REVILLION, J. P. P.; SILVEIRA, V. C. P. Alternativa de estruturação da cadeia de valor da ovinocultura no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 1, p. 187-210, 2013.

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1176-1181, 2009.

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Custos de produção e indicadores de desempenho: Metodologia aplicada a sistemas de produção de ovinos. **Custos e @gronegócioonline**, v. 4, n. 3, 2-27, 2008.

VIÑALES, C.; FORSBERG, M.; MARTIN, G. B.; CAJARVILLE, C.; REPETTO, J.; MEIKLE, A. Short term nutritional supplementation of ewes in low body conditions affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. **Reproduction**, v. 129, p. 299-309, 2005.

WAAGE, S.; VATN, S. Individual animal risk factors for clinical mastitis in meat sheep in Norway. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 87, p. 229-243, 2008.

WANG, C. T.; DICKERSON, G. E. Simulated effects of reproductive performance on life-cycle efficiency of lamb and wool production at three lambing intervals. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4338-4347, 1991.

WERNKE, R. **Gestão de custos**: uma abordagem prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

WERNKE, R.; LEMBECK, M.; PRUDÊNCIO, C. V. Aplicação da análise custo/volume/lucro em pequena indústria de laticínios. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 7, n. 21, p. 53-70, 2008.

WILLIAMS, T. The contribution of mathematical modelling to the practice of project management. **Management Science**: theory, method & practice, v. 4, p. 1- 41, 2003.

WOODA, J. D.; MACFIEA, H. J. H.; POMEROYA, R. W.; TWINNA, D. J. Carcass composition in four sheep breeds: the importance of breed and stage of maturity. **Animal Production**, v. 30, p. 135-152, 1980.

WOOLLIAMS, C.; WIENER, G.; MACLEOD, N. S. M. The effects of breeding sytem and other factors on lamb mortality - 2. Factors influencing the incidence of delayed birth, distokia, congenital defects and miscellaneous causes of early death. **Journal of Agricultural Science**, v. 100, n. 3, p. 553-561, 1983.

ZAFALON, L. F.; MARTINS, K. B.; DIAS, W. A. F.; VERÍSSIMO, C. J.; ESTEVES, S. N.; VESCHI, J. L. A. Efeitos da mastite subclínica infecciosa sobre o desempenho de cordeiros na raça Santa Inês. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 35, n. 4, p. 299-305, 2013.

ZHANG, B.; CHAN, W. K. V.; UKKUSURI, S. V. Agent-based discrete-event hybrid space modeling approach for transportation evacuation simulation. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE, 2011. **Proceedings...** New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011. p. 199-209.

ZHANG, T.; ZHANG, D. Agent-based simulation of consumer purchase decision-making and the decoy effect. **Journal of Business Research**, v. 60, p. 912-922, 2007.

ZYLBERSZTAJN, D. Conceitos gerais, evolução e apresentação do sistema agroindustrial. In: ZYLBERSZTAJN, D. NEVES, M. F. (Ed.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo: Pioneira, 2000. p. 1-21.