



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Revisão Sistemática sobre a utilização da Modelagem Matemática em atividades do setor agropecuário

Priscila Ramallo

Mestranda PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Janaina Fernanda Marcolin

Mestranda PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

André Sandmann

PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Airtón A. dos Santos

PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: A utilização da modelagem matemática vem se destacando no setor agropecuário, por meio de pesquisas e aplicações, porém são muitos os artigos científicos sobre este assunto. Portanto, com uma revisão sistemática sobre a modelagem matemática, objetivou-se, neste artigo, analisar as abordagens que mais se destacam no que tange a modelagem e o uso de modelos matemáticos mais aplicados à agropecuária. Para isto, buscou-se em sites como Scopus, Science Direct, Web of Science e Scielo artigos com elementos que norteiam as principais metodologias que visam a utilização da modelagem matemática em atividades agropecuárias. A presente pesquisa remete à importância do uso de modelos matemático para o setor agropecuário e mostrou que modelos matemáticos estão sendo usados em diversos setores e atividades da agropecuária. A partir desta pesquisa, conclui-se que apesar de existirem pesquisas de qualidade em modelagem matemática aplicada à agropecuária, ainda existe muito a ser abordado e esse enfoque pode trazer melhores resultados para as diversas atividades na agropecuária..

Palavras-chave: Revisão sistemática, Modelagem matemática, Agropecuária.

Systematic Review on the use of Mathematical Modeling in agricultural sector activities

Abstract: Through a systematic review of mathematical modeling, the objective of this article was to analyze the most outstanding approaches to modeling and the use of mathematical models most applied to agriculture. For this, we searched sites such as Scopus, Science Direct, Web of Science and Scielo articles with elements that guide the main methodologies that aim the use of mathematical modeling in agricultural activities. This research highlighted the importance of using mathematical models for the agricultural sector and showed that mathematical models are being used in various sectors and activities of agriculture. Still through this research, it is concluded that although there is quality research in mathematical modeling applied to agriculture, there is still much to be addressed and this approach can bring better results for the various activities in agriculture.

Keywords: Systematic Review, Mathematical modeling; Farming.

1. Introdução

O setor agropecuário vem se destacando na economia brasileira nas últimas décadas por seu significativo aumento em produtividade e por sua grande importância para a manutenção do equilíbrio da balança comercial do país (SAMBUICHI *et al.*, 2012). Com isso os produtores rurais estão apostando cada vez mais na produção intensiva, pois neste tipo de produção empregam-se avançados recursos tecnológicos, o que ocasiona uma menor necessidade de trabalhadores na produção, tanto na agricultura quanto na pecuária. Além disso a ocupação de terras é menor com produtividade bastante elevada.

Mas para que haja um bom resultado em suas atividades, o produtor deve ter planejamento, e tomada de decisão. Segundo Neto (2009), planejar “é procurar antever as ações do futuro, de uma forma lógica e organizada, fazendo com que a empresa rural torne seus objetivos mais claros, podendo propiciar uma melhor coordenação de esforços para atingi-los” (NETO, 2009).

A tomada de decisões é de grande valia e importância para o produtor rural. Tudo tem início no planejamento, quando há necessidade de definir como será o investimento em sua agropecuária. Por exemplo, a simples escolha acerca do plantio de soja ou de milho envolve um processo de tomada de decisão para escolha de um dos produtos (REGINATO *et al.*, 2017).

Porém, na maioria das vezes, os pequenos produtores não possuem conhecimento necessário para planejar adequadamente o processo produtivo de sua agropecuária e dele retirar os melhores resultados possíveis. Portanto, o desenvolvimento de modelos matemáticos que auxiliam na compreensão mais eficaz dos problemas enfrentados por propriedades rurais, seria de grande auxílio para fornecer um melhor planejamento dos processos (OLISZESKI; COLMENERO, 2010).

Para isso, a Pesquisa Operacional (PO), ramo da matemática aplicada, auxilia a resolver problemas de tomada de decisão. Através de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos que auxiliam na resolução de problemas complexos do mundo real, a Pesquisa Operacional tem o objetivo de melhorar ou otimizar o desempenho nas operações de organizações, visando alcançar os melhores resultados (BRIESEMEISTER; BORBA, 2014).

Segundo Bernardes (2000), através da Modelagem Matemática pode-se construir modelos matemáticos simplificados de sistemas reais com o intuito de sintetizar, apresentar e analisar os diversos aspectos produtivos. Ainda segundo Reginato *et al.* (2017), ao se considerar a preservação ambiental, tem-se na Modelagem Matemática a possibilidade de criação de novos roteiros de produção que objetivam, além da permanência do homem no campo com condições adequadas de sobrevivência, o uso dos rejeitos da pecuária na própria propriedade em que são gerados.

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

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar na literatura o uso da modelagem matemática em atividades agropecuárias e analisar se modelos matemáticos trazem benefícios para o setor agropecuário.

2. Materiais e Métodos

Para a realização da revisão sistemática foi utilizada a metodologia proposta por Donato e Donato (2019), os quais sugerem algumas etapas necessárias para a concretização da revisão sistemática.

O primeiro passo para realizar uma revisão sistemática é formular uma questão de investigação (DONATO; DONATO, 2019). As questões que norteiam esta pesquisa são:

- a) Com qual finalidade os autores estão utilizando a modelagem matemática na agropecuária?
- b) A modelagem matemática traz benefícios para a agropecuária?

As estratégias de pesquisa foram definidas de acordo com a fonte de pesquisa, idioma dos trabalhos, os tipos de documentos e ano de publicação, além das palavras-chaves. Para as fontes das pesquisas, definiram-se quatro principais, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Demonstração do nome e endereço eletrônico das bases pesquisadas

BASE PESQUISADA	ENDEREÇO ELETRÔNICO
Scopus	https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic
Web of Science	www.webofknowledge.com
Science Direct	http://www.sciencedirect.com/
Scielo	https://www.scielo.org/

Fonte: Aatoria Própria (2019)

As bases utilizadas para a pesquisadas foram o *Scopus*, *Web of Science*, *Science direct* e *Scielo*. A plataforma *Scielo* foi a que mais retornou resultados proveitosos e também foi a plataforma que resultou mais trabalhos em português. Nas demais plataformas de buscas: *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, os artigos encontrados não eram tão específicos, mas também forneceram bons artigos a maioria em inglês. Os idiomas abrangidos foram o português e inglês.

A maioria dos artigos encontrados são de 2018 e 2019. Foram encontrados também 3 artigos compreendidos entre 2012 e 2016 e 1 artigo de 2004. Quanto as palavras-chave, foram utilizadas várias combinações de palavras, a fim de conseguir mais resultados. Entre as palavras-chave, utilizou-se o operador and. As palavras-chave utilizadas estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação das palavras utilizadas na busca em português e inglês.

PORTUGUÊS	INGLÊS
Modelagem – Matemática – Agropecuária	Modelin – Mathematics - Farming
Modelagem – Matemática – Produção - Agropecuária	Modeling – Mathematics – Agricultural - Production

Fonte: Aatoria Própria (2019)

No *Scopus*, *Web of Science* e *Science direct* foram utilizadas as palavras-chave em inglês pois com as palavras-chave em português não retornavam resultados. Já no *Scielo* foi ao contrário e, portanto, foram utilizadas as palavras-chave em português.

Os critérios de inclusão adotados foram:

- a) Artigos que mencionassem o uso da modelagem matemática para alguma atividade agropecuária;
- b) Artigos com metodologia claramente descrita;
- c) Artigos de revistas indexadas na estratificação da produção científica dos programas de pós-graduação do Brasil (*Qualis Capes*).

Os critérios de exclusão foram:

- a) Artigos repetidos entre as plataformas;
- b) Artigos que não mencionassem a modelagem matemática no título e/ou palavras chaves;
- c) Artigos que não apresentassem uma boa explanação sobre a modelagem matemática em seus resumos e/ou metodologia;
- d) Livros, anais, dissertações, teses ou monografias.

Os artigos foram primeiro pré-selecionados pelo título. Selecionou-se os artigos que falassem sobre a modelagem matemática para algum setor da agropecuária no título. Após este processo, realizou-se uma leitura dos resumos. Os artigos selecionados em função dos critérios de inclusão, a partir de seus respectivos resumos, foram lidos em suas integralidades, e inseridos como objetos de análise desse trabalho.

Após as primeiras seleções, os artigos restantes foram qualificados quanto a estratificação da produção científica dos programas de pós-graduação do Brasil (*Qualis Capes*), no qual montou-se tabela com os respectivos títulos e *Qualis Capes*.

3. Resultados e Discussões

As aplicações da modelagem Matemática para a agropecuária não é algo recente, com o desenvolvimento da Programação Linear na segunda guerra mundial, vários pacotes logísticos e computacionais passaram a ser desenvolvidos para fins agrícolas (SANDMANN, 2013).

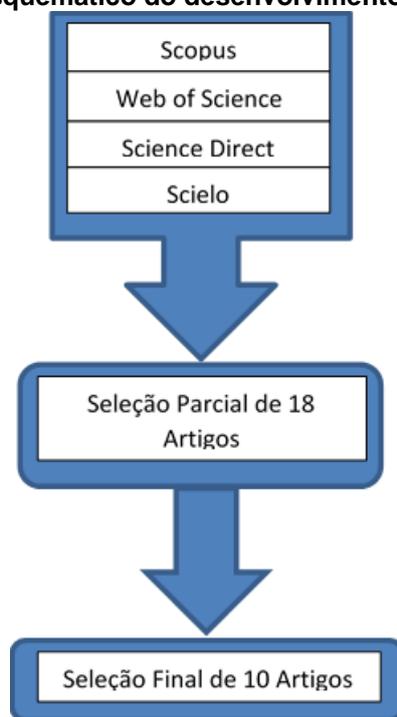
Num primeiro momento, pretendeu-se fazer uma análise sistemática sobre o uso da modelagem matemática em termos técnicos, econômicos e financeiros de uma agropecuária, levando em conta todas as atividades por ela desenvolvida. Mas devido à amplitude de pesquisas sobre modelagem matemática relacionadas a agropecuária, houve uma dificuldade em separar artigos que realmente condizem ao escopo do trabalho, pois existem várias abordagens no que remete a sustentabilidade, a agropecuária, seus efeitos e causas em escalas globais.

Desse modo, a busca limitou-se a trabalhos relacionados ao uso da modelagem matemática em diferentes atividades do setor agropecuário, a fim de analisar para quais fins a modelagem estava sendo utilizada. Considerando as palavra-chave definidas, foram encontrados cerca de 26 artigos no *Scopus*, 34 no *Web of Science*, 12.447 advindos do *Science Direct* e 11 alocados no *Scielo*, totalizando 12.518 artigos referentes à temática, nos quais estavam incluídos diversos trabalhos que não condiziam com o escopo definido.

De acordo com o norteameto metodológico de Donato e Donato (2019) selecionou-se os artigos que possuíam títulos relacionados à temática da pesquisa, resultando em 18 artigos.

Posteriormente, houve a seleção parcial deste material a partir do resumo/abstract, resultando em 10 artigos. Por fim a leitura do documento completo, na qual não foi eliminado nenhum artigo, ficando então selecionados os 10 artigos, conforme esquematizado na Figura 1.

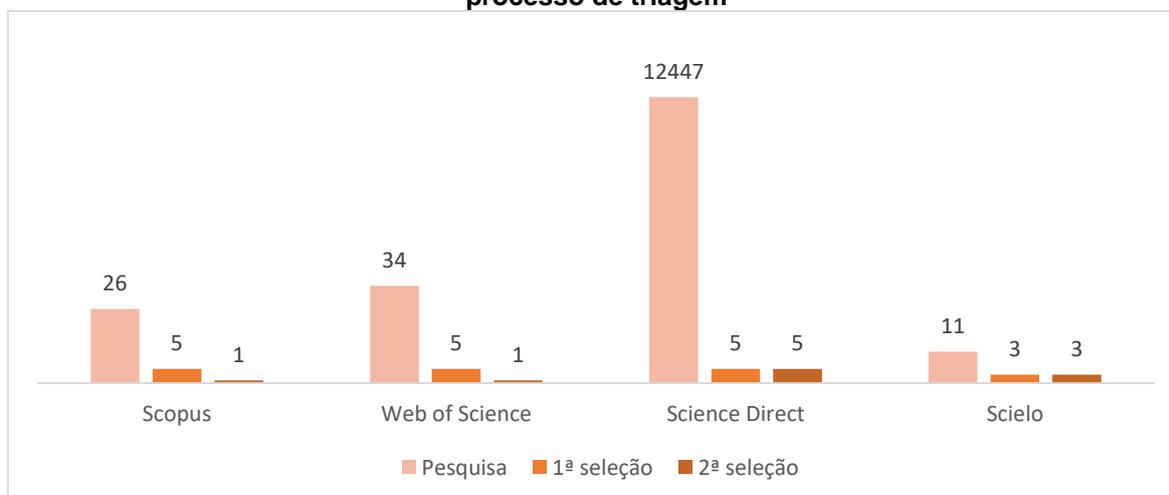
Figura 1 – Desenho esquemático do desenvolvimento da revisão sistemática



Fonte: Autoria Própria (2019)

Verificou-se que Plataforma *ScienceDirect*, apresentou maior número de resultados e melhor retorno de material conceituado (Figura 2). Entretanto, um aspecto negativo a essa base de pesquisa foi o fato de não permitir o acesso à informação de maneira ampla, limitando parte do conteúdo a pesquisadores filiados a instituições públicas, ou mediante pagamento do material selecionado. Isso também acontece na base *Web of Science* e *Scopus*.

Figura 2 – Comparativo entre a quantidade inicial de artigos em relação ao número final após processo de triagem



Fonte: Autoria Própria (2019)

Na Tabela 3, estão listados os artigos escolhidos. Dos 10 artigos selecionados, 7 são internacionais e escritos em inglês e 3 são nacionais e escritos em português (Tabela 3). Considerando o ano de publicação, há um maior número de artigos selecionados nos últimos 7 anos.

Tabela 3 – Relação dos trabalhos selecionados de acordo com o ano e o Qualis

TÍTULO DO ARTIGO	ANO	REVISTA	QUALIS
Applying uncertain programming model to improve regional farming economic benefits and water productivity.	2016	Agricultural Water Management	A2
Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands.	2016	Emirates Journal Of Food And Agriculture	Sem Qualis interdisciplinar outras - B1
Role of farming awareness in crop pest management - A mathematical model.	2019	Journal of Theoretical Biology	A2
Point pattern simulation modelling of extensive and intensive chicken farming in Thailand: Accounting for clustering and landscape characteristics.	2019	Agricultural Systems	A2
A mathematical model for pest management in <i>Jatropha curcas</i> with integrated pesticides - An optimal control approach.	2019	Ecological Complexity	A2
An innovative intelligent system based on remote sensing and mathematical models for improving crop yield estimation.	2019	information processing in agriculture	Sem qualis Interdisciplinar outras - B4
A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS).	2018	Ecological Engineering	A2
Otimização sob incerteza de sistemas de produção: Interação lavoura-pecuária, com ênfase em bovinocultura de leite.	2004	Ciência Rural	B1
Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem.	2014	Pesquisa Agropecuária Tropical	B2
Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado.	2012	Pesquisa Agropecuária Brasileira	B1

Fonte: Autoria Própria (2019)

A partir dos artigos que abrangiam o critério de inclusão, foi avaliada a classificação dos artigos de acordo com o *Qualis Capes*. Este índice resultou em 50% de artigos A2, 30 % em B1, 10% em B2 e ainda 10% em B4 (Tabela 3).

A partir da seleção e leitura dos artigos escolhidos foi possível responder as questões de investigação que nortearam esta pesquisa.

3.1 Algumas finalidades da utilização da modelagem matemática e seus benefícios para a agropecuária

Na leitura feita dos artigos selecionados, observou-se que a modelagem matemática é utilizada em vários setores da agropecuária para diversas atividades. Além disto verificou-se que as pesquisas nesta área estão sendo aplicadas em vários países diferentes, o que mostra sua importância para o setor agropecuário.

Como exemplo temos a pesquisa realizada por Li *et al.* (2017), na qual eles utilizaram a modelagem matemática para desenvolver um modelo incerto para melhorar os benefícios econômicos da agricultura e a produtividade da água. Este modelo foi aplicado na China onde foram obtidos os melhores resultados em diferentes cenários de níveis de economia de água e graus satisfatórios do tomador de decisão (DM) para os recursos disponíveis (LI *et al.*, 2017).

Na pesquisa realizada por Moklyachuk *et al.* (2016), a modelagem matemática foi utilizada como uma ferramenta para a determinação da tendência de uma alteração da concentração de húmus em solo de terras aráveis. Usando dados de monitoramento, conduzidos pelo Instituto Estatal do Solo da Ucrânia, o balanço de nitrogênio é calculado para duas regiões ucranianas - Ternopil e Kirovograd. Com o objetivo de avaliar o estado do húmus do solo, desenvolveram um modelo matemático de prognóstico no Wolfram Mathematica 9 para estimar a alteração do húmus em ambas as regiões e com isso verificar quais os nutrientes que a terra necessita (MOKLYACHUK *et al.*, 2016).

Outra aplicação de modelos matemáticos é para simulação de padrões de pontos para reproduzir a distribuição real de granjas extensivas e intensivas (CHAIBAN *et al.*, 2019). Com base em dados detalhados do censo de 2010, Chaiban *et al.* (2019), investigaram a distribuição do padrão de pontos espaciais de fazendas extensivas e intensivas de frango na Tailândia e parametrizaram modelos de simulação e avaliando esses modelos em diferentes partes da Tailândia por sua capacidade de reproduzir o nível correto de agrupamento espacial e os locais mais prováveis dos agrupamentos de fazendas (CHAIBAN *et al.*, 2019).

O estudo realizado por Chowdhury *et al.* (2019), formulou e analisou um modelo matemático para o plantio de pinhão manso com o objetivo de controlar suas pragas naturais usando a aplicação de pesticidas integrados, ou seja, usando a combinação de biopesticidas e pesticidas químicos. Eles concluíram que a aplicação de biopesticida funcionou corretamente junto com pesticidas químicos. Com isso este modelo foi de grande valia para a agricultura, já que a aplicação combinada de pesticidas no modo de controle ideal, reduz o custo e minimiza o uso excessivo de pesticidas químicos e tem um efeito menos prejudicial ao meio ambiente (CHOWDHURY *et al.*, 2019).

Modelos matemáticos também são utilizados a fim de verificar o rendimento de culturas. Para compensar a falta de imagens de satélite de alta resolução espacial para o uso de estimativa de rendimento de culturas, Awad (2019) implementou um sistema inteligente que inclui o uso da equação do balanço energético para melhorar a estimativa do rendimento das culturas. A comparação entre o rendimento estimado da colheita e a produção real em diferentes campos comprovou a alta precisão do sistema inteligente (AWAD, 2019).

Neto e Retzlaff (2004), propuseram um modelo matemático de otimização que, utilizando uma abordagem não probabilista da incerteza, permitisse contornar o problema enfrentado em sistemas de produção com interação lavoura-pecuária, com ênfase em bovinocultura de leite, pois a possibilidade de combinar livremente as pastagens para a composição do sistema de alimentação dificulta a avaliação em termos probabilísticos da bovinocultura de leite. Neste modelo, as perdas possíveis dos rendimentos das forrageiras são expressas em termos físicos, sendo os seus resultados expressos em relação a situações concretas

(cenários) e não em probabilidades, facilitando assim a sua compreensão por técnicos e agricultores (NETO; RETZLAFF, 2004).

4. Conclusão

Uma revisão sistemática feita através de análise literária com peso científico, apesar de trabalhosa, demonstra bons resultados ao considerar-se a seleção dos melhores artigos na área pesquisada, além de permitir uma análise da evolução das metodologias empregadas e da forma de tratamento sobre a temática. As plataformas escolhidas apresentaram um bom retorno de material, sendo a *Science Direct* e *Scielo* as com melhores efetividades.

O aumento gradual de artigos na área é resultado da evolução tecnológica e maior oferta de material gratuito pela internet. Nota-se a predominância de artigos em inglês, sendo que os autores destes artigos em língua estrangeira são em sua maioria de outros países, sendo bem poucos brasileiros ou nenhum, que é o caso desta pesquisa. Isso demonstra que o Brasil ainda precisa evoluir em termos de aplicação da modelagem Matemática na agropecuária. Desse modo, recomenda-se o emprego de novas pesquisas e abordagens no que remete a modelagem matemática na agropecuária.

Referências

AWAD, Mohamad M. An innovative intelligent system based on remote sensing and mathematical models for improving crop yield estimation. **Information Processing in Agriculture**, Beirut, Lebanon, p. 316 – 325, 2019.

BASIR, Fahad Al; BANERJEE, Arnab; RAY, Santanu. Role of farming awareness in crop pest management – A mathematical model. **Journal of Theoretical Biology**, Índia, p. 59 – 67, 2019.

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

BRIESEMEISTER, Marcio; BORBA, Milton Procópio de. **Programação matemática aplicada ao gerenciamento de projetos**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 34., 2014, Curitiba. Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil+10. Curitiba - PR, 2014.

CHAIBAN, Célia; et al. Point pattern simulation modelling of extensive and intensive chicken farming in Thailand: Accounting for clustering and landscape characteristics. **Agricultural Systems**, Brussels, Belgium, p. 335 – 344, 2019.

CHOWDHURY, Jahangir; et al. A mathematical model for pest management in *Jatropha curcas* with integrated pesticides - An optimal control approach. **Ecological Complexity**, Índia, p. 24 – 31, 2019.

FERREIRA, Luiz Fernando Dias; PIROZI, Mônica Ribeiro; RAMOS, Afonso Mota; PEREIRA, José Antônio Marques. Modelagem matemática da secagem em camada delgada

de bagaço de uva fermentado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.6, p.855-862, 2012.

GONELI, André Luís Duarte; VIEIRA, Maria do Carmo; VILHASANTI, Henrique da Cruz Benitez; GONÇALVES, Alexandre Alves. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

KAZEMI, Hossein; AKINCI, Halil. A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decisionmaking Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). **Ecological Engineering**, 2018.

LI, Xiaojuan; SHAOZHONG, Kang; JUNNIU, Taisheng; DULING, Tong; SIEN, Li; RISHENG, Ding. Applying uncertain programming model to improve regional farming economic benefits and water productivity. **Agricultural Water Management**, Beijing – China, p. 352 – 365, 2017.

MOKLYACHUK, Lidiya; YATSUK, Igor; MOKLIACHUK, Oleksandr; PLAKSIUK, Larissa. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Ucrânia, v. 28, 2016.

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

NETO, Benedito Silva; RETZLAFF, Eliani. Otimização sob incerteza de sistemas de produção: Interação lavoura-pecuária, com ênfase em bovinocultura de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v 34, n. 4, p. 1207 – 1212, 2004.

OLISZESKI, Carlos Alessandro Neiverth; COLMENERO, João Carlos. Definição de parâmetros para a construção de modelos de planejamento agrícola: um cenário para otimização de processos agroindustriais. **Rev. Gestão Industrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – PR, v. 06, n. 02: p. 45-68, 2010.

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

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa; OLIVEIRA, Michel Ângelo Constantino de; SILVA, Ana Paula Moreira da; LUEDEMANN, Gustavo. **A Sustentabilidade Ambiental da Agropecuária Brasileira: Impactos, Políticas Públicas e desafios.** Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA – Brasília: Rio de Janeiro, 2012.

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