

APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR NA OTIMIZAÇÃO DO AGRONEGÓCIO

Matheus Moreira dos Santos¹

Darlan Marques da Silva²

RESUMO

O agronegócio sustenta cerca de 20% da economia brasileira. A pesquisa operacional juntamente com suas ferramentas consegue otimizar qualquer setor produtivo. Pensando nisso surgiu a ideia de melhorar o setor primário, neste caso, o agronegócio. O presente trabalho utilizou a ferramenta @solver, assim foi desenvolvido um trabalho de otimização em uma fazenda produtora de leite, onde foi direcionado para o item com maior custo envolvido sendo este, o da alimentação dos animais. Após os estudos realizados, alcançaram-se uma redução do custo de produção por litro de leite ao dia, de R\$0,44 para R\$0,38; isso representou um ganho significativo para a propriedade.

Palavras chave: Agronegócio. Pesquisa Operacional. Programação Linear.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos principais setores da economia do país, sendo um dos que mais cresce, de acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA-Brasil, 2017), o agronegócio cresceu cerca de 4,28% no ano de 2016 e com isso ele corresponde cerca de 20% do PIB do Brasil, de acordo com o site Portal Brasil (BRASIL, 2016). Isso demonstra que o agronegócio brasileiro está se tornando parte fundamental para a economia Brasileira.

As agroindústrias trazem grandes vantagens para o país, mas para aproveitá-las é necessário que se tenha profissionais que sejam capacitados e que busquem se aprofundar mais a respeito do agronegócio. Para que esses profissionais possam fazer um bom trabalho nessa área, é necessário que eles sejam mais flexíveis e que sejam capazes de enxergarem as ameaças e principalmente as oportunidades (AZEVEDO, 2003).

¹ Graduando em Engenharia Produção pela Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO.

² Orientador, Professor Mestre da Universidade de Rio Verde, 2017.

O engenheiro de produção tem capacidade e competência para atender vários setores da economia, pois o principal intuito da engenharia de produção é encontrar soluções, principalmente em gestão, produção e também buscar inovações para determinadas áreas de atuação (FERREIRA *et al.*, 2008).

Uma das ferramentas que a engenharia de produção disponibiliza é a pesquisa operacional, que tem a capacidade de auxiliar na tomada de decisão. Essa ferramenta surgiu durante a segunda guerra mundial, com o intuito de resolver o problema de ordem tática e estratégica. E após a guerra, a Inglaterra necessitou fazer uma reconstrução industrial, já os Estados Unidos tinha o objetivo de construir novas indústrias ibéricas e com isso, tornou-se necessário a utilização dessa ferramenta, o que possibilitou que todas as empresas pudessem conhecer e implementar a pesquisa operacional na sua produção, até mesmo empresa de médio e pequeno porte (BATALHA *et al.*, 1999, p.16).

Após as visitas realizadas na propriedade, tornou-se possível identificar que o maior problema presente no local foi o custo bastante elevado na alimentação dos animais.

Mediante este exposto, o objetivo principal deste artigo é mostrar como a programação linear, utilizando o Excel como suporte, consegue auxiliar uma propriedade, sobre a alimentação dos animais e mostrar que a programação linear, utilizando ferramentas adequadas, pode proporcionar melhorias a todos os setores da economia, até mesmo os primários, considerados fundamentais para todo o setor produtivo.

2 AGRONEGÓCIO

A palavra Agronegócio é conceituada da seguinte forma, de acordo com AZEVEDO (2003, p. 3):

Soma total de todas as operações envolvendo a produção e distribuição de suprimentos agrícolas; as operações de produção na fazenda; o armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas; as operações de produção na fazenda e dos itens produzidos com ele.

O agronegócio no contexto nacional, surgiu após o êxodo rural, que se conceitua na migração da população da zona rural para os centros urbanos. Com isso, a produção manufatureira deixou de existir e tornou-se mais massificada, tendo o objetivo de abastecer as cidades, o que fez com que o agronegócio deixasse de ter características rústicas e passasse a ser mais técnico, com grandes melhorias no seu modo de produção. Por isso o produtor rural

deixou de produzir para seu próprio consumo e passou a produzir com a intenção de vender, deixando de ser um simples consumidor, e passando a fazer parte da economia brasileira (AZEVEDO, 2003).

O setor do agronegócio foi se aprimorando com o passar dos anos, atingindo números expressivos no PIB brasileiro e conseguindo manter o país em ascensão diante de uma grave crise econômica que vem atingindo o Brasil nos últimos anos (GASQUES *et al.*, 2004).

Segundo SCOLARI (2006), o Brasil é o país que tem o maior potencial produtivo em todo o mundo, isso ocorre porque este país possui certos diferenciais que outros países não têm, exemplo disso, são as grandes extensões de áreas agrícolas, clima favorável, tecnologia que otimizam e melhoram o processo operacional e grandes áreas favoráveis para a expansão de novas fronteiras agrícolas, além de ter um solo fértil e bastante produtivo, fazendo com que o Brasil tenha um grande potencial para se tornar o maior do mundo na produção agrícola e na exportação de alimentos.

O agronegócio se divide em vários setores, entre eles, a pecuária, o extrativismo, mas o que se destaca é a agricultura, que corresponde cerca de 70% da arrecadação que o agronegócio proporciona para o PIB brasileiro. Além de ter uma arrecadação bastante superior aos outros setores, a agricultura foi a que mais cresceu nos últimos anos, e tende a crescer ainda mais, tendo o cultivo de soja, milho, e cana de açúcar como seus principais meios de arrecadação (VIEIRA FILHO e FISHLOW, 2017).

3 PESQUISA OPERACIONAL

Segundo BATALHA *et al.* (1999), a pesquisa operacional (PO) é o método mais utilizado, para obter as melhores soluções para os problemas presentes, utilizando um enfoque sistêmico, a metodologia científica e as equipes multidisciplinares, juntamente com o tratamento matemático e qualitativo.

A área de PO é bastante ampla e está sempre em evolução. Um profissional em PO é treinado para compreender e resolver problemas em diversas áreas, tendo como objetivo métodos analíticos e o foco em resultados significativos, podendo então lidar com dificuldades cada vez maiores. (MOREIRA, 2013).

A pesquisa operacional é capaz de auxiliar em vários setores da linha de produção, o intuito dessa ferramenta é melhorar o processo operacional com a ajuda de cálculos, software e hardware (BATALHA *et al.*, 1999, p.17).

3.1 PROGRAMACÃO LINEAR

De acordo com Caixeta Filho (2011), a técnica de programação linear é a que mais se destaca na pesquisa operacional, pois ela tem uma ampla utilização, devido a sua simplicidade na formulação do modelo matemático, e na resolução do problema. Este modelo é constituído por equações e inequações, e tem a função de otimizar o objetivo, ou seja, maximizar ou minimizar, respeitando o conjunto de restrições que o mesmo apresenta.

A programação linear tem o objetivo de demonstrar melhor a alocação dos recursos, como mão de obra, materiais, equipamentos e capital, com o intuito de reduzir custos e aumentar o lucro, de acordo com Batalha (1999). Já para Moreira (2013), a programação linear é um modelo matemático, que foi criado para resolver problemas variáveis que se relacionam.

Segundo Moreira (2013), para se iniciar as resoluções de modelo de programação linear, é necessário identificar os parâmetros e também as variáveis de decisão, que aparecem tanto na função objetivo, quanto nas restrições. Já os parâmetros dos coeficientes são como valores de grandezas, sejam elas máximas ou mínimas.

Para Nascimento (2012) existem diversos programas computacionais, capazes de resolver os problemas de programação linear, portanto não é necessário saber tanto sobre álgebra linear para resolver os modelos propostos pela programação linear, basta na verdade usar o bom senso, e entender qual é a real necessidade, utilizar a criatividade.

3.2 APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NO AGRONEGÓCIO

O agronegócio deixou de ser uma cultura de subsistência, e passou a ser um importante setor da economia brasileira, por isso ele deixou de ser um simples setor, e passou a ser dependente de mão de obra qualificada e por isso o engenheiro de produção com toda sua competência, tem capacidade e qualificação para atender a essas necessidades.

Uma das ferramentas que a engenharia de produção disponibiliza é a pesquisa operacional (PO), que se faz importante para a mesma, e por isso é a mais indicada no caso do agronegócio. De acordo com Batalha (*et al*, 1999, p. 17), que diz:

Se, no setor secundário, a atuação da PO já ocorre frequentemente, a procura pela mesma nos setores primário e terciário da economia são cada vez maiores. É crescente o número de cursos de graduação e pós-graduação que incorporam em seus currículos, contendo disciplinas que desenvolvem técnicas de pesquisa operacional.

Veiga (2010) demonstrou através de um artigo a funcionalidade da pesquisa operacional, nos novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal. Outro artigo que mostrou muito bem isso foi o dos autores Santos, Teixeira e Guimarães (2016) que tinha como o objetivo formular um modelo matemático aplicado à otimização de dietas para bovinos de corte em sistema de pastejo. Em estudos, Gameiro, Rocco e Caixeta Filho (2011), tinha como objetivo buscar um modelo matemático para a otimização e avaliação em uma unidade produtora de leite caracterizado pela integração lavoura-pecuária.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi feito um estudo de caso, levando em consideração uma abordagem quantitativa, com o objetivo de demonstrar de que forma a programação linear poderá auxiliar no agronegócio.

A pesquisa bibliográfica foi a melhor forma encontrada para iniciar-se o estudo, buscando encontrar igualdades e diferenças entre os artigos levantados nos documentos de referência. Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos foram artigos publicados em português, que retratassem o tema referente, e artigos que foram publicados nos bancos de dados nas últimas décadas.

O método utilizado para a construção do estudo de caso, foi a programação linear, com o objetivo de buscar um modelo que minimize o custo da alimentação animal, de uma propriedade rural.

Foi feita uma coleta de dados juntamente com o responsável pelo manejo da propriedade, tendo o auxílio do veterinário encarregado pelo rebanho, com o objetivo de recolher os dados necessários para que se possa verificar quais são os objetivos e as restrições que existem.

O período em que foram realizadas as coletas de dados, aconteceu no final do mês de julho e início de agosto no ano de 2017. Após a pesquisa, os dados foram tabulados no computador do próprio autor.

Após ter recolhido todos os dados da propriedade, foram organizados em um software chamado @solver. O solver é um suplemento presente no Microsoft Excel, responsável fazer diversas simulações com o objetivo de encontrar a forma ideal.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO

Através de simulações realizadas no Excel, com a utilização de um suplemento chamado Solver, o estudo de caso proposto neste artigo tem como objetivo minimizar os custos. Para que isso ocorra é necessário que se identifique a função objetivo, e também as restrições.

A propriedade que teve a agregação da programação linear, dispõem de 304 animais com produtividade média de 31,8 litros de leite por vaca/dia, que são divididas em 5 lotes; o lote 1 tem 45 vacas, com produtividade média por vaca de 28 litros dia; o lote 2 tem 48 vacas com uma produtividade média por vaca 33,5 litros dia; o lote 3 tem 48 vacas com o produtividade média por vaca 43,5 litro dia; o lote 4 tem 48 vacas com a produtividade média por vaca de 35 litros dia; lote 5 tem 115 vacas com a produtividade média por vaca de 19 litros dia.

Cada lote desses tem uma formulação diferente na alimentação, tendo o objetivo de atender todas as exigências nutricionais requerida por cada lote, com isso se torna possível que a propriedade consiga ter o aproveitamento máximo dos seus animais, sem o desperdício de dinheiro com a alimentação.

A tabela 1 representa a quantidade de ingredientes presentes na alimentação por animal de cada lote; o custo que cada ingrediente possui; e o custo total. Nesta tabela tem-se o que cada lote precisa de cada ingrediente, e o custo que isso dá por lote para propriedade.

Já a tabela 2 demonstra as variáveis de decisão que são os ingredientes de cada lote. Temos 14 variáveis de decisão que podem variar de acordo com o lote feito na simulação.

TABELA 1 – Custo da Dieta

Ingrediente	Custo/KG	Lote 1		Lote 2		lote3		Lote 4		Lote 5	
		Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia
Silagem	0,1	32	3,20	38	3,80	38	3,80	38	3,80	38	3,80
SoyPass	1,35	0,6	0,81	0,35	0,47	0,5	0,68	0,45	0,61	0,2	0,27
Farelo de Soja	1	3,5	3,50	3,6	3,60	4,5	4,50	4	4,00	1,6	1,60
Milho	0,34	4,2	1,43	6	2,04	6,8	2,31	6	2,04	1	0,34
Smartamine	55	0,016	0,88	0,015	0,83	0,017	0,94	0	0,00	0	0,00
Casca Soja	0,4	2	0,80	3	1,20	3	1,20	3	1,20	0	0,00
CAPIM	0,01	2	0,02	2	0,02	2	0,02	2	0,02	0	0,00
Ureia	1,3	0	0,00	0,08	0,10	0,05	0,07	0,04	0,05	0	0,00
Nata	3	0,6	1,80	0,6	1,80	0,7	2,10	0,6	1,80	0	0,00
BioBiotina	2,3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,5	1,15
Megalac	4,9	0,2	0,98	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Magnapac	4,9	0,1	0,49	0,35	1,72	0,45	2,21	0,25	1,23	0	0,00
WDG	0,15									9	1,35
Bagaco	0,08									4	0,32
TOTAL		45,216	13,91	53,995	15,58	56,017	17,81	54,34	14,74	54,3	8,83

Fonte: Próprios autores (2017)

TABELA 2 – Variáveis de decisão

Ingrediente	Variável de decisão
Silagem	X1
SoyPass	X2
Farelo de Soja	X3
Milho	X4
Smartamine	X5
Casca Soja	X6
Capim	X7
Ureia	X8
Nata	X9
BioBiotina	X10
Megalac	X11
Magnapac	X12
WDG	X13
Bagaço	X14

Fonte: Próprios autores (2017)

Com base na tabela 1 e na tabela 2, podemos iniciar o processo de simulação. As variáveis de decisão representadas na tabela 1 são as quantidades necessárias de ingredientes consumidas em cada lote por animal. Já as restrições representadas na TABELA 2, são as quantidades máximas e mínimas de cada ingrediente; essas variações são dadas através de

uma informação transmitida pelo responsável técnico da propriedade, no qual informou que a variação é de 5 para o máximo, e 2 para o mínimo; um fator que será levado em consideração é que, o valor mínimo não poderá ser menor ou igual a zero. Outro fator necessário é que a somatória das quantidades necessárias por lote deverá permanecer.

Com base na tabela 1 e 2 monta-se a modelagem a seguir:

Lote 1: como foi demonstrado na TABELA 3, a quantidade não poderá ser maior do que a registrada na coluna do máximo, e não poderá ser menor à da coluna do mínimo, respeitando assim a quantidade por quilograma total dos ingredientes, que é de 45,216. Ou seja, a somatória das variáveis de decisão tem que ser igual a esse total.

TABELA 3 – Restrição 1

Lote 1		
Quantidade de Ingredientes (Kg)	Max	Min
32	37	30
0,6	1,1	0,4
3,5	4	3,3
4,2	4,7	4
0,016	0,021	0,014
2	7	1
2	7	1
0	0	0
0,6	1,1	0,4
0	0	0
0,2	0,7	0,1
0,1	0,6	0,1
0	0	0
0	0	0

Fonte: Próprios autores (2017)

Lote 2: como foi demonstrado na TABELA 4, a quantidade não poderá ser maior do que a registrada na coluna do máximo, e não poderá ser menor à da coluna do mínimo, respeitando assim a quantidade por quilograma total dos ingredientes, que é de 53,995. Ou seja, a somatória das variáveis de decisão tem que ser igual a esse total.

Lote 3: como foi demonstrado na TABELA 5, a quantidade não poderá ser maior do que a registrada na coluna do máximo, e não poderá ser menor à da coluna do mínimo,

respeitando assim a quantidade por quilograma total dos ingredientes, que é de 56,017. Ou seja, a somatória das variáveis de decisão tem que ser igual a esse total.

TABELA 4 – Restrição 2

Lote 2		
Quantidade de Ingredientes (kg)	Max	Min
38	43	36
0,35	0,4	0,33
3,6	4,1	3,4
6	11	4
0,015	0,02	0,013
3	8	1
2	7	1
0,08	0,13	0,06
0,6	1,1	0,4
0	0	0
0	0	0
0,35	0,4	0,33
0	0	0
0	0	0

Fonte: Próprios autores (2017)

TABELA 5– Restrição 3

Lote 3		
Quantidade de Ingredientes (kg)	Max	Min
38	43	36
0,5	0,9	0,3
4,5	4,9	4,3
6,8	7,3	6,6
0,017	0,022	0,015
3	8	1
2	7	1
0,05	0,09	0,03
0,7	1,2	0,5
0	0	0
0	0	0
0,45	0,5	0,43
0	0	0
0	0	0

Fonte: Próprios autores (2017)

TABELA 6– Restrição 4

Lote 4		
Quantidade de ingredientes (kg)	Max	Min
38	43	36
0,45	0,5	0,43
4	9	2
6	11	4
0	0	0
3	8	1
2	7	1
0,04	0,09	0,02
0,6	1,1	0,4
0	0	0
0	0	0
0,25	0,3	0,23
0	0	0
0	0	0

Fonte: Próprios autores (2017)

TABELA 7– Restrição 5

Lote 5		
Quantidade de Ingredientes (kg)	Max	Min
38	43	36
0,2	0,7	0,1
1,6	2,1	1,4
1	3	1
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0,5	0,9	0,3
0	0	0
0	0	0
9	14	7
4	9	2

Fonte: Próprios autores (2017)

Lote 4: como foi demonstrado na TABELA 6, a quantidade não poderá ser maior do que a registrada na coluna do máximo, e não poderá ser menor à da coluna do mínimo,

respeitando assim a quantidade por quilograma total dos ingredientes, que é de 54,34. Ou seja, a somatória das variáveis de decisão tem que ser igual a esse total.

Lote 5: como foi demonstrado na TABELA 7, a quantidade não poderá ser maior do que a registrada na coluna do máximo, e não poderá ser menor à da coluna do mínimo, respeitando assim a quantidade por quilograma total dos ingredientes, que é de 54,3. Ou seja, a somatória das variáveis de decisão tem que ser igual a esse total.

Ainda segundo Bazaraa et al., 1990, o formato padronizado de um modelo genérico de programação linear que apresenta m restrições e n variáveis pode ser representado por:

Maximizar (ou minimizar):

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

$$b_1 \geq 0, b_2 \geq 0, \dots, b_m \geq 0$$

Onde os x são as variáveis de decisão, que normalmente são valores maiores ou iguais a 0 (zero), c são os parâmetros da função objetivo, os b são os valores das limitações ou restrições. No caso do estudo, o objetivo é minimizar os custos, com restrições do tipo menor ou igual e maior ou igual.

6. RESULTADOS

Com os resultados obtidos com as simulações realizadas no @solver, possibilitou o desenvolvimento de uma proposta que tem como objetivo, uma redução significativa no custo de produção dessa propriedade. Com isso possibilita a adoção de um melhor gerenciamento no custo da mesma.

A partir de uma análise realizada, foi possível identificar a necessidade da implantação de uma nova metodologia de trabalho; seguindo as recomendações feitas pelo @solver, é necessário que as formulações da ração dos animais sofram uma pequena alteração, dentro

dos limites impostos pelo responsável pela propriedade, assim demonstra uma redução significativa em relação a tabela 1, como será demonstrado na tabela 8.

TABELA 8– Resultados

Ingrediente	KG	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4		Lote 5	
		Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia	Qtd	Custo /dia
Silagem	0,1	28,412	2,84	37,150	3,72	35,408	3,54	39,494	3,95	38,000	3,80
SoyPass	1,35	0,400	0,54	0,350	0,47	0,300	0,41	0,450	0,61	0,196	0,26
Farelo de Soja	1	3,500	3,50	3,601	3,60	4,502	4,50	2,000	2,00	1,400	1,40
Milho	0,34	4,200	1,43	4,002	1,36	6,809	2,32	3,773	1,28	1,000	0,34
Smartamine	55	0,015	0,84	0,014	0,77	0,016	0,90	0,000	0,00	0,000	0,00
Casca Soja	0,4	1,000	0,40	1,001	0,40	1,002	0,40	1,000	0,40	0,000	0,00
CAPIM	0,01	7,000	0,07	7,048	0,07	7,000	0,07	6,933	0,07	0,000	0,00
Ureia	1,3	0,000	0,00	0,079	0,10	0,050	0,06	0,040	0,05	0,000	0,00
Nata	3	0,400	1,20	0,400	1,20	0,500	1,50	0,400	1,20	0,000	0,00
BioBiotina	2,3	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,455	1,05
Megalac	4,9	0,189	0,93	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00
Magnapac	4,9	0,100	0,49	0,350	1,72	0,430	2,11	0,250	1,23	0,000	0,00
WDG	0,15	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	9,000	1,35
Bagaco	0,08	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	4,249	0,34
Total		45,216	12,24	53,995	13,40	56,017	15,80	54,340	10,79	54,300	6,85

Fonte: Próprios autores (2017)

O custo por litro antes era de R\$ 0,44 reais, após a simulação ser realizada conseguimos reduzir isso para R\$ 0,38 reais dando um aumento no lucro diário de R\$ 501,48 reais, antes era necessário produzir em torno de 10 litros de leite por animal, só para pagar o custo de alimentação. Hoje são necessários somente 8,5 por animal para pagar o custo com alimentação.

A utilização do solver possibilitou um aumento significativo no lucro da propriedade, tirando a necessidade do produtor de fazer investimentos em infraestrutura, mão de obra, e animais.

Quando se discute sobre a redução de custo de 6 centavos por litro de leite com alimentação, a princípio é um valor pequeno, quase insignificante, mas levando em consideração que a propriedade estudada produz cerca de 8500 litros de leite por dia, temos uma redução de R\$ 510,00 por dia; em um mês de produção, a redução foi de R\$ 15.300,00.

7. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado pode-se concluir que é possível identificar que o @solver pode ajudar no aprimoramento das práticas nos processos operacionais em todos os setores produtivos da economia, sendo eles primário, secundário e terciário. No caso desse artigo, o setor demonstrado foi o setor primário, que conseguiu atingir resultados satisfatórios como a redução de custo, o aumento do lucro, e principalmente visando reconhecer uma melhora significativa para o produtor.

A programação linear fez-se importante no agronegócio por ter como base a redução do custo na alimentação dos animais, visando criar métodos mais baratos para o produtor, além de ter sido a estratégia mais fácil, encontrada para a resolução deste problema.

Os pontos positivos são os benefícios que o @solver traz, que não se resume somente na redução de custo, que quando reduzido conseqüentemente aumentará o lucro. O modelo apresentado pelo @solver para a propriedade apresenta recomendações a serem seguidas pelo produtor, com o intuito de alcançar a excelência no processo de produção, e dar um grande passo rumo à excelência de gerenciamento de processos.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. *Projeto memórias: Origens e evolução da formação em Engenharia de Produção*. Disponível em: <<https://abepro.org.br/interna.asp?m=1017&s=1&c=1063>>. Acesso em: 28 mar. 2017.
- AZEVEDO, D. L. A engenharia de produção no agronegócio brasileiro como fator de excelência na capacitação de recursos humanos. *Revista Produção Online*, v. 3, n. 3, set. 2003. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/565/610>>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- BATALHA, M. F. et al. *Gestão agroindustrial*. São Paulo: Gepai, 1999.
- BATALHA, M. F. et al. *Introdução a engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- Bazaraa, M.S., Jarvis, J.J. & Serali, H.D. (1990). *Linear Programming and Network Flows*, 2nd Ed.. New York: John Wiley.
- BRASIL. Portal do Brasil. *Governo: Temer – “Já estamos lançando as bases para um 2008 mais próspero”*. 2016. Disponível em: <www.brasil.gov.br/governo>. Acesso em: 26 fev. 2017.
- CNA-Brasil. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. *O agronegócio cresceu*. Disponível em: <www.cnabrasil.org.br/pib>. Acesso em: 26 fev. 2017.
- FERREIRA, A. F. et al. *Laboratórios recomendados para o curso de engenharia de produção*. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Laboratorios%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.
- GAMEIRO, A. H.; ROCCO, C. D.; CAIXETA FILHO, J. V. *Modelo matemático para otimização e avaliação de unidade produtora de leite caracterizada pela integração lavoura-pecuária: consideração de parâmetros econômicos, logísticos e ambientais*. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://paineira.usp.br/lae/wp-content/uploads/2017/04/Modelo-matem%C3%A1tico-para-otimiza%C3%A7%C3%A3o-e-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-unidade-produtora-de-leite-caracterizada-pela-integra%C3%A7%C3%A3o-lavoura-pecu%C3%A1ria-considera%C3%A7%C3%A3o-de-par%C3%A2metros-econ%C3%B4micos-log%C3%ADsticos-e-ambientais.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- GASQUES, J. G. et al. *Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil*. Brasília, fev. 2004. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2701/1/TD_1009.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.
- MOREIRA, Daniel A. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. 2. ed. rev. e atualiz., São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- NASCIMENTO, Sebastião Vieira do. *Pesquisa operacional e análise de investimentos – Suas aplicações na indústria e nos Serviços*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2012.

SANTOS, G. H. P.; TEIXEIRA, T. S.; GUIMARÃES, T. A. *Modelo matemático aplicado à otimização de dieta para bovinos de corte em sistema de pastejo*. Memorial TCC Caderno da Graduação, v. 1, n. 1, p. 369-388, 2016.

SCOLARI, D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. *Revista da Fundação Milton Campos*, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/417182/producao-agricola-mundial-o-potencial-do-brasil>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. *Revisão integrativa: o que é e como fazer*. Einstein, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, jan./mar. 2010.

VEIGA, M. S. et al. *Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal*. Pirassununga: Editora 5D, 2010.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. *Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade*. Brasília: Ipea, 2017. 305p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/170404_livro_agricultura_no_brasil.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.