

**UMA ABORDAGEM SOBRE A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA OPERACIONAL E
DA LOGÍSTICA NOS DIVERSOS SEGMENTOS DO AGRONEGÓCIO**

**AN APPROACH TO THE IMPORTANCE OF OPERATIONS RESEARCH AND
LOGISTICS IN THE VARIOUS SEGMENTS OF AGRIBUSINESS**

**UNA APROXIMACIÓN A LA IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN DE
OPERACIONES Y LA LOGÍSTICA EN LOS DISTINTOS SEGMENTOS DEL
AGRONEGOCIO**



10.56238/sevened2026.001-039

Luciane de Fátima Rodrigues de Souza

Doutorado em Engenharia Mecânica

Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP) -

Câmpus São Carlos

E-mail: luciane_rodrigues@ifsp.edu.br

Eliana Aparecida da Cruz

Tecnóloga em Agronegócio

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - Câmpus Avaré

E-mail: eliana.cruz@aluno.ifsp.edu.br

RESUMO

Tendo em vista os recentes avanços tecnológicos nas atividades de produção agrícola, buscando aumentar a produtividade e diminuir os custos de produção e transporte, uma metodologia passível de ser aplicada para encontrar soluções de problemas recorrentes é a Pesquisa Operacional, que vem sendo aplicada cada vez mais na resolução de problemas nas mais diversas áreas do conhecimento, principalmente nas últimas décadas. Devido ao fácil acesso a computadores, softwares e aplicativos de celulares, vem auxiliando também nos processos de tomada de decisão em diversas atividades do setor da produção rural. O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica sobre conceitos e aplicações da Pesquisa Operacional e Logística no agronegócio por meio da Programação Linear, utilizando o Método Simplex. Para melhor entendimento, foi apresentado um pouco do fundamento e de aplicações do método Simplex, comprovando que a PO é uma ferramenta poderosa, capaz de trazer resultados difíceis de serem alcançados sem o auxílio desta, pois melhora a qualidade da informação, levando a melhores decisões e, conseqüentemente a melhores lucros com menores custos ao produtor rural.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Programação Linear. Agronegócio. Otimização.

ABSTRACT

In view of recent technological advances in agricultural production activities, seeking to increase productivity and reduce production and transportation costs, a methodology that can be applied to find solutions to recurring problems is Operational Research, which has been increasingly applied to solve problems in the most diverse areas of knowledge, especially in recent decades. Due to easy access to

computers, software and cell phone applications, it has also been helping in the decision-making processes in various activities in the rural production sector. The objective of this work is to present a bibliographic review on concepts and applications of Operational Research and Logistics in agribusiness through Linear Programming, using the Simplex Method. For better understanding, some of the foundation and applications of the Simplex Method were presented, proving that or is a powerful tool, capable of bringing results that are difficult to achieve without its help, as it improves the quality of information, leading to better decisions and, consequently, better profits with lower costs for the rural producer.

Keywords: Operations Research. Linear Programming. Agribusiness. Optimization.

RESUMEN

En vista de los recientes avances tecnológicos en las actividades de producción agrícola, que buscan aumentar la productividad y reducir los costos de producción y transporte, la Investigación de Operaciones es una metodología que puede aplicarse para encontrar soluciones a problemas recurrentes. Esta metodología se ha aplicado cada vez más a la resolución de problemas en diversas áreas del conocimiento, especialmente en las últimas décadas. Gracias al fácil acceso a computadoras, software y aplicaciones móviles, también ha facilitado la toma de decisiones en diversas actividades del sector productivo rural. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión bibliográfica sobre los conceptos y aplicaciones de la Investigación de Operaciones y la Logística en la agroindustria mediante la Programación Lineal, utilizando el Método Simplex. Para una mejor comprensión, se presentaron algunos de los fundamentos y aplicaciones del método Simplex, demostrando que la Investigación de Operaciones es una herramienta poderosa, capaz de generar resultados difíciles de lograr sin su asistencia, ya que mejora la calidad de la información, lo que conduce a mejores decisiones y, en consecuencia, a mayores ganancias con menores costos para el productor rural.

Palabras clave: Investigación de Operaciones. Programación Lineal. Agroindustria. Optimización.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido ao avanço computacional, muitas ferramentas se tornaram usadas no dia a dia em todas as áreas envolvendo produção, inclusive na área do agronegócio que têm uma gama de problemas onde estas são altamente aplicáveis.

A solução de problemas de alocação de recursos envolvendo diversas variáveis, problemas de minimização de custos de rações, minimização de custo de transporte, otimização de áreas de plantio entre outros, podem ser de difíceis de se obter se não forem usadas ferramentas matemáticas ou mesmo modelos matemáticos muitas vezes simples. Segundo Silveira (2004) o uso de ferramentas de otimização, nem sempre de fácil compreensão, mas fornecendo excelentes resultados, vêm contribuir consideravelmente para solução de problemas na área de alocação de recursos de produção. Explica que métodos de otimização são apropriados para esse tipo de situação, onde a eficiência é alcançada, se observadas as restrições do problema.

A Pesquisa Operacional é uma área que oferece soluções matemáticas para os casos em que a otimização é necessária, através da utilização do método científico para resolver os problemas de tomadas de decisão com os melhores resultados possíveis. Por isso, têm sido aplicadas cada vez mais na resolução de problemas nas diversas áreas, principalmente nas últimas décadas devido ao avanço e fácil acesso de computadores, softwares de fácil entendimento e de aplicativos de celulares (Andrade, 2016). Isso têm ocorrido como dito nas diversas áreas inclusive na área do agronegócio, auxiliando nos processos de tomada de decisão em diversas atividades.

Segundo Andrade (1998) a Administração, a Engenharia de Produção, e por consequência a Logística passaram a utilizar a Pesquisa Operacional como método para a solução de seus problemas a partir da Segunda Guerra Mundial. A disciplina criada para o ambiente militar transcendeu suas fronteiras iniciais e encontrou abrigo tanto na comunidade acadêmica como empresarial no ramo da Administração.

De acordo com Andrade (2016) a Logística surgiu durante a Segunda Guerra Mundial e seu nome é de origem francesa e era um termo militar que significava a arte de transportar, abastecer, estocar e alojar tropas. Alguns generais falavam que a proeza de ganhar a guerra estava intimamente ligada a logística, pois quando um exército se deslocava de um local para outro precisava de uma equipe que desse apoio com munições, mantimentos, equipamentos, rotas seguras, etc.

Segundo Reis (2015) gerenciar a logística é crucial para que se reduza perdas e as organizações se mantenham competitivas no mercado globalizado.

É sabido que o agronegócio é responsável por grande parte dos recursos humanos envolvendo desde o pessoal que maneja as sementes, planta, colhe, armazena, beneficia, transporta até chegar ao consumidor final, necessitando assim, de ferramentas de PO e logística nos diversos segmentos da agro

industrialização e de áreas correspondentes. São, portanto, ferramentas de grande importância para o crescimento da renda e da empregabilidade (Caixeta, 2016).

Segundo Reis *et.al* (2022) o agronegócio representa uma importante atividade econômica para o Brasil e para o mundo e a logística é parte fundamental para a concretização de sua cadeia produtiva. Apresentaram um trabalho com enfoque na logística de cadeias produtivas, discutiram quais são os principais problemas encontrados pelo agronegócio na logística brasileira e também abordaram a logística 4.0 aplicada ao agronegócio bem como apontar seus principais benefícios. Destacaram a importância da logística para as cadeias produtivas, por auxiliar no planejamento, implementação e toda a parte de controle de fluxo e armazenamento de bens, serviços e informações.

Neste contexto este trabalho vem apresentar uma revisão bibliográfica sobre a importância da Logística e Pesquisa Operacional nas diversas áreas do agronegócio, pois é sabido que produtores rurais sentem a necessidade de produzir mais gastando menos, pessoal do transporte de produtos agrícolas e seus derivados têm necessidade de otimização de tempo e dinheiro. Portanto observa-se a necessidade de ferramentas tecnológicas que os auxiliem. A Pesquisa operacional e a logística possuem essas ferramentas que tornam capaz a solução de problemas complexos em curto tempo e também de forma consideravelmente simples. Especificamente, este trabalho visa apresentar um resumo dos principais conceitos dentro da Pesquisa Operacional auxiliando na compreensão de como esta contribui para o agronegócio e finalmente apresentar uma revisão bibliográfica de trabalhos que aplicaram a PO e suas ferramentas no setor do agronegócio.

2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi desenvolvida através da metodologia de revisão bibliográfica, já que o objetivo foi coletar informações sobre a Pesquisa Operacional e Logística no Agronegócio. Ou seja, para o desenvolvimento deste trabalho foram feitas revisões bibliográficas, ou seja, foram pesquisados sobre o tema em artigos, livros, matérias em jornais, conteúdo esse por meio de buscas através do Google Acadêmico. Para isso primeiramente foram selecionados estes materiais e em seguida foram lidos e resumidos para serem apresentados no texto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PESQUISA OPERACIONAL E PROGRAMAÇÃO LINEAR

Pesquisa Operacional é um método científico de tomada de decisões. Consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo, e através da experimentação desta, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema (Silva, 1998). Além disso, a pesquisa operacional apresenta soluções eficientes em vários tipos de problemas que, através de modelos matemáticos analíticos, muitas vezes é de difícil resolução e que se tornam bem mais simples de ser resolvido através de

modelos computacionais. É bastante usado em todas as áreas do conhecimento, como engenharia, economia, administração, na área da saúde onde os métodos de P.O são aplicados, por exemplo, na otimização de dietas alimentares, humanas e animais, desde o planejamento até a minimização de custos desta. Na área do Agronegócio têm sido aplicadas com sucesso na otimização de áreas de plantio, minimização de custos de ração de animais, etc. (Prado, 1999).

Ainda segundo Prado (1999) uma técnica bastante utilizada na abordagem de problemas de P.O é a Programação Linear devido à sua simplicidade e disponibilidade de várias técnicas de soluções programáveis. Ou seja, ressalta que a Programação Linear é uma técnica da Matemática aplicada que forma um dos ramos da Investigação Operacional, em que programação se trata de programação de tarefas ou planificação, não sendo programação no sentido de Informática e o termo linear vem do fato de serem utilizadas expressões lineares.

Para trabalhar com programação linear, é necessário ter uma função objetivo e um conjunto de restrições que esta função deve obedecer, lembrando que as restrições devem estar sempre relacionadas com as variáveis de restrições. Ao final será encontrada uma única resposta, sendo que pode ser o valor máximo ou mínimo procurado (Silva *et. al*, 1998).

Simplex é um algoritmo de resolução de problemas de programação linear que se utiliza de uma ferramenta baseada em álgebra linear, para determinar, através de um método iterativo a solução ótima de um problema de programação linear (Silva *et. al*, 1998). É de fácil compreensão e bastante simples quando comparado a outros algoritmos de otimização. Na seção a seguir será apresentado um pouco de sua história e os principais conceitos.

3.2 MÉTODO SIMPLEX E SUAS APLICAÇÕES

3.2.1 História do Simplex

Assim como acontece em praticamente toda a Matemática, a programação linear se originou de aplicações, e muito antes dos cientistas George B. Dantzig e George Stigler, os babilônios e os egípcios 2000 anos antes de Cristo já vinham estudando equações lineares. Os babilônios nesta época já trabalhavam com duas equações e duas variáveis ao mesmo tempo. Mas até pouco tempo, não se dava a devida importância na necessidade de se encontrar uma solução ótima (Caixeta, 2009).

Junto ao problema da Segunda Guerra Mundial existia o problema do transporte na década de 40. Esses foram os dois fatores importantes que desencadearam a necessidade de desenvolver a programação linear. O avanço da tecnologia, principalmente nos computadores, permitiu que métodos de otimização, como o Simplex, fossem aplicados em problemas de grande porte (Rehfeldt, 2009).

Segundo Rehfeldt (2009), antes do cientista George B. Dantzig começar a trabalhar com problemas de otimização visando solucionar problemas táticos durante a Segunda Guerra Mundial, George Stigler em 1945, já vinha trabalhando com pesquisa operacional a fim de conseguir solucionar

problemas de dietas. Um deles era o de um homem de porte médio que tinha massa aproximado de 70 kg. Havia a necessidade de se conhecer qual a quantidade mínima entre 77 diferentes alimentos, que deveria ser consumida para que as necessidades mínimas de nutrientes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Pesquisas fossem absorvidas.

Enquanto George Dantzing não apresentava o método Simplex, George Stigler já conquistava seu primeiro resultado para a dieta, que na primeira resolução apresentava um custo total de 39,93 dólares por ano. Como nesta época ainda não existiam pacotes computacionais que facilitassem os cálculos, foram apresentados 510 diferentes possibilidades de combinações de alimentos. Mesmo o valor não podendo ser considerado exatamente o mínimo, Stigler apresentou várias justificativas que indicava que o valor encontrado estava muito próximo do custo mínimo exato (Caixeta, 2009).

O método Simplex só viria a ser apresentado dois anos mais tarde, em 1947 por George Dantzing, método este que se tornou muito conhecido e é muito utilizado ainda hoje, que também é denominado algoritmo simplex (Barbosa; Gomes, 2008).

Dantzing, quando chamado aos Estados Unidos tinha a missão de planejar a implantação de bens militares como munições, veículos e tropas e todo esse trabalho teria de ser feito à mão, sem nenhuma ajuda computacional, já que nesta época não existiam computadores. Com a experiência adquirida, encontrou formas de resolver tais problemas, desde que a estrutura fosse linear. Neste momento surge o conceito de programação linear. Para testar o seu método, Dantzig necessitava de um problema e usou o problema da dieta de Stigler. Em outubro do mesmo ano Jack Laderman, resolveu aplicar o método no primeiro problema de computação de grande escala (Barbosa, 2008).

De acordo com Namen e Bornstein (2001) quando Dantzig resolveu utilizar a dieta, os resultados não foram dos melhores; num deles encontrou como resposta que deveriam ser consumidos 500 galões de vinagre. Muitos outros cientistas continuaram fazendo referência ao problema da dieta e até chegaram a alguns resultados, mas o problema é que nem sempre a dieta era agradável ao paladar. Tantos foram os trabalhos onde o Simplex foi aplicado na solução de dietas alimentares, que já foram apresentados inclusive trabalhos realizados sobre o tipo de dieta que deveriam ter soldados sobreviventes de um ataque nuclear.

Mais recentemente, modelos relacionados à otimização de dietas passaram a ser utilizados em escolas e Universidades. Além do caráter pedagógico, modelos matemáticos de dietas formam a base para programas do governo norte-americano. Tomando como exemplo os americanos, poderia ser implantado no Brasil a utilização do método, a fim de fazer com que os programas do governo como o fome zero, bolsa alimentação entre outros, tivessem valores significativos, ou seja, que permitissem que as famílias se alimentassem de acordo com as necessidades nutricionais de cada um, buscando analisar qual o custo de vida da região inclusive e não padronizando o valor do benefício. Além disso,

poderiam ser fornecidas dietas que apresentassem custos minimizados com os nutrientes necessários (Dantzig, 1997).

Ainda segundo Dantzig (1997) Pode também ser abordado o problema da dieta voltado a animais; neste caso a questão paladar já não é mais um fator preocupante; podendo-se levar mais em conta o lucro do fazendeiro ao final com a criação de gados, por exemplo. Na agricultura, por exemplo, pode-se aplicar o método para otimizar a quantidade de fertilizante ou inseticida que vai ser aplicado na lavoura, buscando minimizar o gasto e maximizar o lucro.

3.2.2 A Teoria do Método Simplex

Quando se aplica o método Simplex, devem-se deixar claros o objetivo a ser alcançado e os possíveis caminhos que podem ser tomados. Existem dois tipos de variáveis que compõem as equações, sendo elas as variáveis de decisão que são aquelas cujos valores estão sob controle de quem formulou o problema a ser otimizado e as variáveis não controladas que são aquelas que já têm os padrões definidos por sistemas fora do problema (Prado, 1999).

Um modelo considerado eficiente é aquele que tem desempenho próximo da realidade e é fácil de ser experimentado. Os cálculos dos modelos são feitos utilizando as técnicas matemáticas específicas. Para testar as soluções apresentadas são usados dados experimentais do sistema. O modelo matemático de programação linear possui uma função objetivo, que apresenta restrições técnicas e um grupo de inequações também lineares. Não se pode esquecer de que existe a possibilidade de apresentar essas soluções de forma gráfica, desde que esteja trabalhando com no máximo três variáveis. Ou seja, consiste em apresentar em sistema de eixo ortogonal o conjunto das possíveis soluções do problema (x_1 , x_2 , x_3). Desta maneira classificam-se as soluções de acordo com a posição no gráfico (Caixeta, 2009).

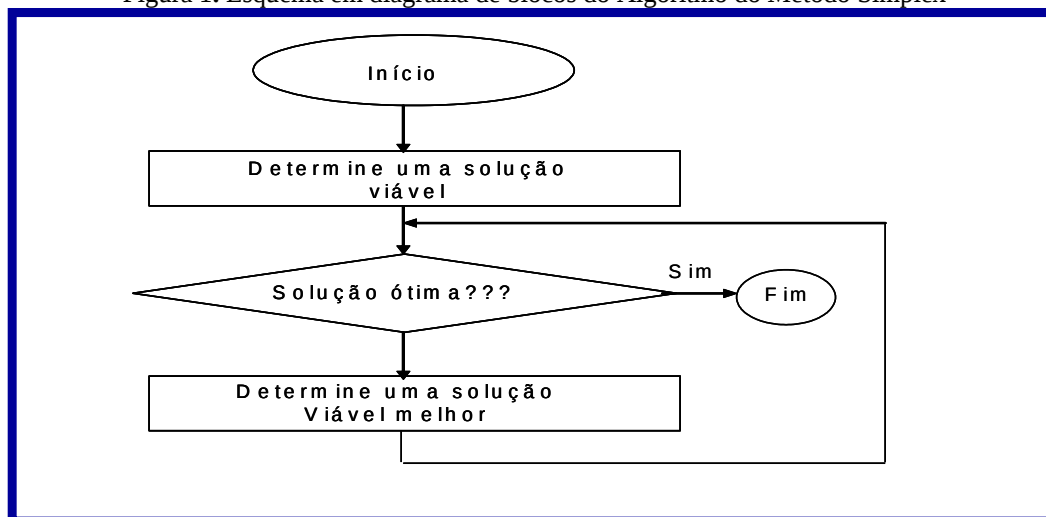
Quando se trabalha com duas variáveis sua representação no gráfico é uma reta, sendo o algoritmo uma equação linear. Quando se trata de uma inequação linear com duas variáveis, sua representação é um dos semiplanos definidos pela reta correspondente à equação.

O método simplex é formado por um grupo de critérios para escolha de soluções básicas que melhorem o desempenho do modelo. Para isso o problema deve apresentar uma solução básica inicial (Silva, 1998).

O centro do simplex é onde se encontra os critérios para a escolha de vetores e das variáveis que entram e saem para a formação da nova base. As variáveis de folga são formadas a partir das restrições ou e com termos da direita positivo (Prado, 1999).

A Figura 1 apresenta um esquema de como o Simplex faz para chegar em uma solução ótima desejada.

Figura 1. Esquema em diagrama de blocos do Algoritmo do Método Simplex



Fonte: (Prado, 1999)

3.3 APLICAÇÕES NO AGRONEGÓCIO

Petry (2009) apresentou um modelo matemático baseado na programação linear objetivando a melhoria da produtividade da produção leiteira dos produtores rurais da Região Sul do Brasil, apresentando um estudo das necessidades nutritivas dos animais e dos déficits deixados pelos alimentos volumosos por estes ingeridos. Encontrou um modelo usando técnicas de programação linear de formulação de ração de alimentos concentrados, capaz de satisfazer os déficits nutritivos apresentados por animal, pelo custo mínimo possível. Por fim, foram apresentados os resultados, observando-se um aumento significativo na produção diária de leite por parte dos animais que receberam a alimentação balanceada.

Tonin (2019) apresentou um problema que tinha como objetivo minimizar custos a partir de uma pesquisa atenta e detalhada sobre níveis nutricionais e preços dos diversos insumos utilizados na alimentação bovina. O objetivo foi esclarecer ao produtor rural que a dieta dos animais deve fornecer todos os seus nutrientes essenciais e suprir suas necessidades fisiológicas de crescimento, reprodução e saúde. Para isso destacaram que é necessário formular uma ração apropriada, com os ingredientes corretos, na quantidade certa, na qualidade almejada e ao menor custo. Apresentaram o desenvolvimento de um sistema para formular rações de boa qualidade e com o mínimo custo, através da otimização, mais especificamente a programação linear e utilizaram o Método Simplex. Para resolver o problema, usaram o Solver da Microsoft Excel que é uma ferramenta bastante simples e prática. O sistema foi testado com problemas de livros e artigos, cujos resultados são conhecidos. Após os experimentos, concluíram que o Método Simplex apresenta resultados satisfatórios e que a otimização foi satisfatória em situações reais.

Bressan (2020) apresentou um estudo de caso sobre a otimização da produção agrícola, utilizando dois modelos de PL um para maximizar o lucro da produção e outro para minimizar os custos de transporte de produtos para os centros consumidores, levando em conta as limitações do local

em estudo. O Método Simplex foi utilizado como o algoritmo de resolução do problema para a obtenção da solução ótima dos problemas citados. O estudo de caso dos problemas foi desenvolvido em uma propriedade rural localizada no município de Sertaneja, no estado do Paraná (PR), onde a produção de hortaliças era transportada para centros consumidores. Concluíram que a principal contribuição do trabalho foi oferecer a maximização do lucro na produção de hortaliças da propriedade de pequeno porte e a minimização dos custos de transporte de produtos para seus destinos. A aplicação da Programação Linear auxiliou na maximização de lucros na área de agricultura orgânica e na minimização de custos dos transportes, sugerindo para o fabricante a solução ótima, ou seja, a quantidade que pode ser produzida com lucro máximo e redução de impactos ambientais, e com custo de transporte mínimo, atendendo demanda e às limitações do solo em estudo. Finalmente concluíram que os resultados alcançados auxiliam na tomada de decisão do produtor, no sentido de obter uma produção otimizada.

Almeida (2019) apresentou um trabalho cujo objetivo era comparar a formulação de ração por meio da programação linear (custo mínimo) e programação não linear (lucro máximo) para poedeiras comerciais. Para isso utilizou 288 poedeiras da linhagem Hisex® White de 33 a 45 semanas de idade, com $1,540 \pm 0,1167$ kg de peso corporal. As aves foram distribuídas em delineamento em blocos ao acaso, com seis tratamentos com seis repetições de oito aves cada, totalizando 36 parcelas. Os tratamentos experimentais foram: 1) ração de custo mínimo com exigências nutricionais das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos; 2) ração de custo mínimo com as exigências nutricionais recomendadas pelo Manual da Linhagem; 3) ração de custo mínimo com exigências nutricionais obtidas de modelos matemáticos para otimização de desempenho; 4) ração de lucro máximo em cenário de mercado normal; 5) ração de lucro máximo em cenário de mercado favorável; e 6) ração de lucro máximo em cenário de mercado desfavorável. O desempenho foi avaliado por meio do consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos e conversão alimentar. Na qualidade interna e externa, em quatro ovos por parcela, foram avaliadas o peso do ovo, gravidade específica, resistência à quebra da casca, peso da casca, espessura da casca, coloração da gema, altura de albúmen e unidade Haugh. Para avaliação econômica calculou-se o lucro. Os dados foram submetidos a análise de variância e em caso de significância ($P < 0,05$) foi aplicado o teste de Scott-Knott (5%). Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) para a unidade Haugh, altura do albúmen e para as características de qualidade externa de ovos. Verificou-se efeito de tratamento ($P < 0,05$) nas características de desempenho e qualidade de ovos por meio do valor absoluto e relativos de albúmen e gema. De forma geral, os tratamentos com as exigências obtidas pelos modelos matemáticos seguidos das obtidas pelo manual da linhagem, ambos da programação linear, proporcionaram melhores resultados de desempenho, pois as rações foram nutricionalmente mais densas, no entanto, pioraram os resultados econômicos. Conclui que rações formuladas por meio de programação linear propiciaram as aves melhores desempenho, todavia,

sem correspondentes benefícios econômicos comparados as razões formuladas por meio de programação não linear.

Milan (2008) realizou um estudo de caso na Fazenda Santa Maria da Boa Vista, localizada no município de Cristais Paulista (SP), cujos dados empíricos da produção de café auxiliaram na elaboração e validação de um modelo matemático para a otimização da produção de cafés finos. O modelo matemático de programação linear multiobjetivo, composto por uma função multiobjetivo, três conjuntos de restrições contábeis, sete conjuntos restrições técnicas e dois conjuntos de variáveis endógenas, se mostrou capaz de auxiliar no planejamento da produção da propriedade, na programação do sequenciamento de colheita das lavouras, determinando o volume ótimo de produção de cafés finos.

Barros (2024) em seu trabalho de conclusão de curso apresentou os resultados obtidos por um modelo de PL resolvido pelo método Simplex que pode ajudar o agrônomo na tomada de decisão em campo. Enfatizou que com o modelo, pode-se obter economia no custo da lavoura e reduzir o tempo, que antes incluía reuniões, análise de dezenas de produtos um a um e inserindo e retirando no acerto e erro até encontrar um manejo satisfatório. Destaca que a ferramenta opera de forma quase instantânea e apresenta resultados em uma solução ótima. Salienta por fim que com o uso da programação linear conseguiram fornecer todos os nutrientes que a planta necessita de forma mais satisfatória do que a escolha manual que não conseguiu suprir todos os elementos e ao mesmo tempo reduziu o custo de compra de nutrientes.

O trabalho de Braz (2001) teve como objetivo principal apresentar um modelo matemático que auxilia no planejamento e distribuição dos talhões em uma pequena propriedade da floresta tropical. Destaca que existe a necessidade da garantia de um fluxo constante de madeira com potencial comercial para a viabilidade da pequena propriedade e isto nem sempre é possível devido aos talhões serem pequenos e principalmente a distribuição das espécies de interesse na floresta nativa ser irregular pelos ecossistemas heterogêneos e variedade de tipologias florestais que formam um complexo mosaico e que isto só pode ser feito com a maximização dos produtos madeireiros encontrados na floresta. O modelo matemático resultou em um novo conceito de talhão. O modelo de talhão proposto considera de todas as indicações técnicas que a pesquisa científica já alcançou para um manejo da floresta tropical sustentável, acrescidas de um processo de subcompartimentalização dos talhões para garantia de renda anual constante em pequena propriedade florestal. No final do trabalho comparou os resultados obtidos pelo modelo proposto de talhão com os talhões normalmente utilizados em floresta tropical e observou-se que o modelo proposto se mostrou bastante superior ao formal e garantiu sobremaneira o rendimento anual equilibrado para o pequeno proprietário. Concluiu também que o modelo facilita o planejamento anual de extração na pequena propriedade e é ideal para otimização da produção madeireira em condições semelhantes da floresta tropical.

Oliveira (2013) apresentou resultados de um trabalho que teve como objetivo verificar a lucratividade da produção de café no Sítio Terra Verde em Espírito Santo do Pinhal no estado de São Paulo para o processo de conversão da técnica convencional para a orgânica com adoção da política de preço mínimo cotado a R\$ 307,00 por saca. Utilizou-se a metodologia de programação linear para maximizar o lucro da produção do café em conversão. O plano de conversão foi de oito anos, respeitando a bienalidade do cafeeiro, passando por três fases de manejo: substituição de insumos, conversão e produção orgânica. Foram incluídos fatores a cada variável do modelo sobre o planejamento de conversão. Foram comparadas as variáveis renda, custo e lucro em relação aos sistemas convencional e em conversões simuladas. Os resultados mostraram que a adoção da técnica orgânica proporcionou ao cafeicultor lucros superiores aos do sistema convencional no final do período de conversão, quando ocorre aumento de 30% sobre o preço da saca. Conclui-se que o preço mínimo do café arábica tornou a produção para ambos os sistemas inviável economicamente e ainda, ao final chama a atenção para a importância da programação linear, pois melhorou o comportamento do lucro no processo de conversão em relação ao convencional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste trabalho de revisão, chegou-se à conclusão de que é possível utilizar a Pesquisa Operacional para resolver problemas recorrentes em diversos setores do agronegócio, permitindo que gestores utilizem sistemas eficazes para obterem maiores rendimentos.

Ainda, o Método Simplex, como mostrado no trabalho, foi usado por vários autores e todos concluem ser uma metodologia de fácil acesso e entendimento e também mostrou-se eficiente na otimização de recursos e na redução de custos, gerando maior lucratividade para os produtores. Nos trabalhos apresentados foram obtidos resultados significativos tanto na maximização quando na minimização dos problemas em questão.

Sendo o agronegócio responsável por grande parte dos recursos humanos na realização de atividades envolvidas desde o manejo das sementes até o consumidor final, vê-se a importância dos gestores do setor terem conhecimento das ferramentas disponíveis para um melhor gerenciamento dos recursos, garantindo maior produção, com máxima redução dos custos dos insumos utilizados. Vê-se então ao fim do trabalho que tanto a Pesquisa Operacional como a Logística se mostraram ferramentas com grande potencial para auxiliar o crescimento da renda e da empregabilidade e diminuição de custos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. W. **Rações formuladas por meio da programação linear e não linear para poedeiras comerciais**. 2016. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.
- ANDRADE, E. **Pesquisa operacional aplicada à logística**. Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, ISSN 2447-0635, 2016.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- BARROS, M.D. **Programação linear como ferramenta para otimização e redução de custos na aplicação de adubo foliar**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2024.
- BRESSAN, G. M. Aplicação da programação linear e do problema do transporte para otimização da produção agrícola. **C.Q.D.- Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, v. 19, dez. 2020. Edição Iniciação Científica.
- CAIXETA FILHO, José Vicente. **Pesquisa operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- DANTZIG, G.B. e M.N. Thapa **“Linear programming”**, Springer-Verlag New York, LLC, 1997.
- MILAN, P. **Modelagem matemática para otimização da produção de cafés finos: um estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- MULTINI, L. H., BRITO, C. S., ALEXANDRE, V. **Conceito e evolução do agronegócio**. XI CONGRESSO DE TRABALHOS DE GRADUAÇÃO, *Faculdade de Tecnologia de Mococa* Vol.7 N.1 A.2023.
- PETRY, V. J. **Modelo de programação linear aplicado na melhoria da produtividade leiteira**. Departamento de Matemática UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- PRADO, Darci Santos. **Programação Linear**. 2. ed. Belo Horizonte, Minas Gerais: Desenvolvimento Gerencial, 1999.
- REHFELDT, M. J. H. **A aplicação de modelos matemáticos em situações problemas empresariais, com uso do software LINDO**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- REIS, N. F. *et al.* **Estratégias de logística 4.0 aplicados no agronegócio: uma análise do sistema de transporte e das cadeias produtivas**. Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL. XIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Teresina/PI, 2022.
- SILVA *et al.* **Pesquisa Operacional**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- TONIN, M. H. N. **Modelo de programação linear aplicado à redução de custo na formulação de ração para nutrição de bovinos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Uberaba, Minas Gerais, 2019.