Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 8, n. 1, 2021.

Trabalho apresentado no XL CNMAC, Evento Virtual - Co-organizado pela Universidade do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Problema do Transporte Aplicado à Produção Agrícola

Thallia Aline Ramos[1]
Glaucia Maria Bressan[2]
Departamento de Matemática/Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, PR

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas mundiais, principalmente por sua extensão territorial, recurso hídrico, clima e topologia, além de outros fatores. O agronegócio brasileiro representa uma parcela relevante do PIB nacional, em média, 24% de 1996 a 2018 [3]. O mercado brasileiro de hortaliças é altamente diversificado e segmentado. Outras tecnologias possibilitam ao produtor viabilizar economicamente a produção, mesmo em condições adversas de clima [3].

O estado do Paraná, por sua vez, tem uma grande concentração de propriedades rurais pequenas e médias, que se mostram menos favorecidas no mercado em termos de gestão. Muitas dessas propriedades se deparam com a dúvida de quais culturas devem produzir naquele ano agrícola e, dessa forma, buscam por soluções que otimizem os processos produtivos, reduzam os custos de transporte e evitem o desperdício [2].

Alguns problemas de produção agrícola podem ser formulados matematicamente como um Problema de Programação Linear (PPL), como por exemplo, a otimização do transporte de produtos, de suas fontes de produção para os centros consumidores [1]. Por sua vez, a Programação Linear é um ramo da Pesquisa Operacional que utiliza, em sua formulação matemática, equações lineares, com o objetivo de maximizar ou minimizar uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições [1]. Desta forma, o Problema do Transporte aplicado na produção agrícola pode ser representado como um PPL e interpretado como a tarefa de transportar o que foi produzido pela propriedade rural para seus armazéns ou para seus locais de distribuição. Esse problema tem como objetivo encontrar a melhor solução, com o menor o custo, para percorrer os caminhos e realizar o transporte de produtos. Desse modo, o problema deve apresentar como resposta a quantidade que deve ser enviada e para onde deve prosseguir, de maneira que satisfaça as demandas com o menor custo possível. As quantidades produzidas ou ofertadas em cada centro e as quantidades demandadas em cada mercado consumidor são conhecidas. O transporte deve ser efetuado de modo que respeite as limitações de oferta e atenda à demanda [1].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso para minimizar os custos de transporte de produtos agrícolas para centro consumidores, considerando as características específicas do ambiente produtivo considerado. O Método Simplex [1] é utilizado como algoritmo de resolução para o problema do transporte, na obtenção da solução ótima. O estudo de caso é desenvolvido em uma propriedade rural, localizada no município de Sertaneja, PR. Para a modelagem matemática do Problema do Transporte, os seguintes dados do local são necessários: a propriedade rural produz um total de 5400 kg/mês, os quais são distribuídos para quatro destinos diferentes, sendo que 45% da produção de hortaliças são destinados para as feiras e escolas localizado em Cornélio Procópio - PR. Outros 20% da produção são destinados para locais da cidade de Sertaneja - PR, 20% para as cidades vizinhas onde é localizada a propriedade rural, 15% para os outros lugares restantes. Em média, 10 canteiros de tamanho 12m de largura por 100m de

[1]thallia@alunos.utfpr.edu.br
[2]glauciabressan@utfpr.edu.br
[3]https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas

comprimento são produzidos por mês. Os custos para transporte dos produtos da origem a cada destino são obtidos com base nas distâncias percorridas para realizar o transporte. A formulação matemática do Problema do Transporte é descrita a seguir. As variáveis de decisão do problema são denotadas por x_{ij} e representam a quantidade (em quilogramas) de produto transportada da fonte de produção com índice $i(i = 1, \dots, 10)$ para o destino $j(j = 1, \dots, 4)$. A função objetivo é expressa como:

$\min 0,05x_{11}+0,2x_{12}+0,25x_{13}+0,4x_{14}+0,05x_{21}+0,2x_{22}+0,25x_{23}+0,4x_{24}+0,05x_{31}+0,2x_{32}+0,25x_{33}+0,4x_{34}+0,05x_{41}+0,2x_{42}+0,25x_{43}+0,4x_{44}+0,05x_{51}+0,2x_{52}+0,25x_{53}+0,4x_{54}+0,05x_{61}+0,2x_{62}+0,25x_{63}+0,4x_{64}+0,05x_{71}+0,2x_{72}+0,25x_{73}+0,4x_{74}+0,05x_{81}+0,2x_{82}+0,25x_{83}+0,4x_{84}+0,05x_{91}+0,2x_{92}+0,25x_{93}+0,4x_{94}+0,05x_{10\ 1}+0,2x_{10\ 2}+0,25x_{10\ 3}+0,4x_{10\ 4}$

Restrições relativas à produção das fontes:
Fonte 1: $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 540$ Fonte 6: $x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} \leq 540$
Fonte 2: $x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \leq 540$ Fonte 7: $x_{71} + x_{72} + x_{73} + x_{74} \leq 540$
Fonte 3: $x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} \leq 540$ Fonte 8: $x_{81} + x_{82} + x_{83} + x_{84} \leq 540$
Fonte 4: $x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} \leq 540$ Fonte 9: $x_{91} + x_{92} + x_{93} + x_{94} \leq 540$
Fonte 5: $x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} \leq 540$ Fonte 10: $x_{10\ 1} + x_{10\ 2} + x_{10\ 3} + x_{10\ 4} \leq 540$

Restrições relativas às demandas dos destinos:
Destino 1: $x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} + x_{81} + x_{91} + x_{10\ 1} = 2500$
Destino 2: $x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + x_{62} + x_{72} + x_{82} + x_{92} + x_{10\ 2} = 1000$
Destino 3: $x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} + x_{63} + x_{73} + x_{83} + x_{93} + x_{10\ 3} = 1000$
Destino 4: $x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} + x_{54} + x_{64} + x_{74} + x_{84} + x_{94} + x_{10\ 4} = 900$

Formulado o problema como um PPL, o método Simplex é aplicado para a obtenção da solução ótima, com apoio computacional do software LINDO (*Linear Interactive and Discrete Optimizer*). A solução ótima obtida, após 14 iterações, é: o custo mínimo para o transporte da produção é de $R\$935,00$. A solução ótima apresenta os seguintes valores para as variáveis de decisão: $x_{11} = 340$, $x_{13} = 200$, $x_{23} = 540$, $x_{32} = 540$, $x_{42} = 460$, $x_{43} = 80$, $x_{51} = 540$, $x_{61} = 540$, $x_{71} = 540$, $x_{81} = 540$, $x_{94} = 540$, $x_{10\ 3} = 180$, $x_{10\ 4} = 360$. Estes valores das variáveis de decisão, que representam a solução ótima, são dadas em quilogramas, pois representam a quantidade de produtos que deve ser transportada da fonte de produção $i(i = 1, \dots, 10)$ para o destino $j(j = 1, \dots, 4)$.

Para fins de comparação, o custo de transporte mensal do local informado é de R$1.100,00, pois os produtores sub-utilizam a produção de um tipo de hortaliça. Desta forma, conclui-se que a solução otimizada oferece uma diminuição de 15% no valor total do custo de transporte. Como perspectivas de continuidade deste trabalho, propõe-se estudar um modelo diferenciado para que a restrição do armazenamento tenha mais influência da solução ótima.

Referências

[1] Goldbarg, M. C. e Luna, H. P. *Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos*, Elsevier, São Paulo, 2005.

[2] Ribeiro, R. P. e Fortes, B. J. Programação Linear: uma contribuição à gestão de uma propriedade rural,*Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Fortaleza, CE, 2015.

[3] Castro, N. R. *Produtividade do trabalho cresce mais no agronegócio que no Brasil e impulsiona PIB do setor*. São Paulo: Cepea, 2019.

