

---

## Ferramenta Interativa de Treinamento em Pesquisa Operacional: modelagem matemática, resolução de problemas e análise de sensibilidade para tomada de decisão

Valeriana Cunha<sup>1</sup>, José Vicente Caixeta-Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, MG, Brasil

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, SP, Brasil

### Introdução

A Pesquisa Operacional (PO) engloba o desenvolvimento e a aplicação de métodos e técnicas de resolução de problemas, tais como otimização matemática, simulação, teoria das filas entre outros, buscando melhorar a qualidade das decisões nas mais variadas áreas (IFORS, 2021). Embora haja diversos registros da utilização de métodos matemáticos aplicados a problemas diversos desde a Idade Antiga, Cunningham, Freeman e McCloskey (1984) destacam que foi um oficial do Ministério da Aeronáutica Britânico, Albert Percival Rowe, que cunhou o termo “Pesquisa Operacional”. Entre 1938 e 1945, Rowe chefiava a organização que desenvolvia o radar na Grã-Bretanha e, para garantir a eficácia do instrumento, ele não só contribuiu para o estabelecimento da Pesquisa Operacional, como também lhe deu esse nome.

Quanto mais parâmetros e variáveis numéricas são envolvidos na tomada de decisão, maior a necessidade de utilizar algum modelo matemático para apoiar o processo. O uso de abordagens quantitativas fornece mais subsídios para a tomada racional de decisão. Dessa forma, é interessante entender como acontece a formação do profissional de Pesquisa Operacional. O’Brien, Dyson e Kunc (2011) comentam que algumas escolas de negócios retiraram a disciplina Pesquisa Operacional de seus currículos principais devido ao *gap* existente entre os conteúdos ministrados em cursos de Pesquisa Operacional e o interesse dos estudantes em aprender habilidades práticas de gestão. Soma-se a isso, a necessidade de conceitos de Matemática e Estatística que, geralmente, impõe uma barreira natural não só ao desempenho, mas também ao interesse das pessoas acerca dos métodos de PO.

---

#### Cita sugerida:

Cunha, V., Caixeta-Filho, J.V. (2021). Ferramenta Interativa de Treinamento em Pesquisa Operacional: modelagem matemática, resolução de problemas e análise de sensibilidade para tomada de decisão. En A.L. González-Hermosilla (Coord.), *Reflexiones y propuestas para los desafíos de la educación actual*. (pp. 126-136). Madrid, España: Adaya Press.

Malik, Kumar e Malik (2016) citam que é importante entender como a matemática pode ser empregada de maneira aplicada em situações do mundo real e destacam que não é tarefa difícil contextualizar a maioria dos métodos da Pesquisa Operacional, considerando-a uma área empolgante da Matemática Aplicada e um instrumento importante na organização e gestão em diversas instituições.

Diante do exposto, há algumas questões para reflexão. Como ensinar Pesquisa Operacional de forma que os estudantes percebam mais claramente a sua utilidade e aplicabilidade na tomada de decisão? Como garantir o interesse e aprendizado dos alunos em uma disciplina que é vista por muitos como árdua devido ao seu caráter quantitativo? Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma ferramenta que simula um sistema empresarial a ser utilizada para explorar conceitos de modelagem matemática, resolução e análise de sensibilidade de um problema de Programação Linear. A apresentação dos conceitos se apoiará em metodologias ativas de aprendizagem.

## Fundamentação Teórica

A Pesquisa Operacional caracteriza-se como uma ciência que, por meio de abordagens analíticas, objetiva aprimorar a tomada de decisão em uma ampla variedade de situações e problemas. Os modelos de PO podem ser classificados em determinísticos, híbridos ou estocásticos (IFORS, 2021). Alguns exemplos em cada uma dessas classes, ainda segundo IFORS (2021) são:

### *Modelos Determinísticos*

- Otimização linear
  - » Programação linear
  - » Programação inteira
  - » Modelos de transporte
  - » Modelos de rede
  - » Tomada de decisão multicritério
- Otimização não-linear
  - » Modelo clássico
  - » Modelo de busca
  - » Programação não-linear

### *Modelos Híbridos*

- PERT-CPM
- Programação dinâmica
- Modelos de inventário
- Simulação

### *Modelos Estocásticos*

- Modelos de análise de decisão
- Modelos de Markov
- Modelos de filas

Os conteúdos trabalhados na ferramenta, que é o produto deste trabalho, relacionam-se a modelos determinísticos de otimização linear, mais especificamente, modelos de Programação Linear (PL).

### *Programação Linear: definições, propriedades, método simplex e análises*

Fox e Garcia (2013) destacam que a Programação Linear é um método para resolver problemas lineares frequentes em diversas indústrias. Na maioria das situações, existe o problema econômico clássico: maximizar a produção, competindo por recursos limitados. Vaydia *et al.* (2020) comentam que a Programação Linear é a técnica matemática mais popular que trata da otimização de funções lineares sujeitas a restrições lineares. Fox e Garcia (2013) elencam as propriedades para que um modelo possa ser considerado um problema de PL. São elas:

- Função objetivo única;
- Variáveis de decisão na função objetivo ou nas restrições devem aparecer com expoente 1, podendo ser multiplicadas por constantes;
- Nenhum termo contém produtos de variáveis de decisão;
- Todos os coeficientes das variáveis de decisão são constantes;
- Variáveis de decisão podem assumir valores fracionários e inteiros.

Em problemas de Programação Linear, tem-se uma função objetivo a ser maximizada ou minimizada. Essa função é sujeita a restrições, que podem ser limitações de recursos e/ou imposições a serem cumpridas. Para formular um problema de PL é imprescindível identificar corretamente as variáveis de decisão. A função objetivo e todas as restrições são escritas em termos dessas variáveis de decisão (Fox e Garcia, 2013).

Vitor e Easton (2018) descrevem sucintamente o método simplex, criado por George Dantzig, em 1947, como o algoritmo que resolve de forma otimizada um programa linear por pivoteamento. Os pivôs de Dantzig mudam de uma solução básica viável para uma solução básica viável diferente, trocando exatamente uma variável básica por uma variável não básica. Variáveis básicas são aquelas que tem valores diferentes de zero, enquanto não básicas são as que possuem valores iguais a zero.

Depois de resolvido o problema, passa-se para a análise dos resultados. A primeira etapa dessa análise, conforme destaca Greenberg (1993), é avaliar se os resultados numéricos obtidos fazem sentido considerando-se a realidade modelada. Além do entendimento e interpretação dos resultados atribuídos às variáveis endógenas, é interessante proceder a análise de sensibilidade. Conforme descreve Maxwell (2000), a análise de

sensibilidade explora as implicações da escolha de um tomador de decisão em função de diferentes resultados ou preferências. Avaliam-se o preço sombra (*shadow price*) e o custo reduzido (*reduced cost*).

Aucamp e Steinbermg (1982) definem o preço sombra como o impacto na função objetivo por unidade de acréscimo de um determinado recurso. Importante destacar que há uma faixa de valores, com um limite inferior e um superior, dentro da qual esse impacto é válido. Para avaliar a influência de valores que se encontram fora dos limites, é necessário modelar e resolver novamente o problema. Bacchus *et al.* (2018) destacam que o custo reduzido representa o impacto na função objetivo caso uma variável não básica torne-se uma variável básica. Em problemas de maximização, por exemplo, os custos reduzidos negativos para as variáveis não básicas significam que para valores imputados aos recursos escassos, a receita marginal é menor que o custo marginal, portanto o impacto na função objetivo seria negativo.

Para abordar o assunto de Programação Linear, desde a modelagem até a análise de sensibilidade, passando pela resolução dos problemas, optou-se por uma abordagem ativa, ao invés da abordagem tradicional de transmissão de conteúdos. Desta forma, faz-se necessário discorrer brevemente acerca de tais metodologias.

### *Metodologias ativas e qualidade no processo de ensino-aprendizagem*

Konopka, Adaime e Mosele (2015) afirmam que chamar a atenção dos alunos e mantê-los envolvidos são pontos essenciais no processo de aprendizagem. Metodologias ativas colocam os alunos no centro desse processo e os tornam protagonistas da descoberta, e não apenas receptores passivos de informações. Crisol-Moya, Romero-López e Caurcel-Cara (2020) e Konopka *et al.* (2015) confirmam o maior uso do modelo tradicional de transmissão de conhecimento centrado no professor com estilo expositivo, mas também destacam uma presença crescente do modelo centrado no aluno. Camargo e Daros (2018) chamam a atenção para o fato de que muitas vezes se vê a manutenção do modelo tradicional junto à inserção de uso de instrumentos audiovisuais, tais como filmes, vídeos, apresentações gráficas e projeções multimídia. Porém, os alunos continuam esperando que tudo seja produzido pelos professores e entregue a eles da forma mais conveniente e inteligível possível.

Existem diferentes estratégias de ensino para criar um ambiente de aprendizagem ativo e para envolver os alunos. Alguns exemplos são os estudos de casos, salas de aula invertidas, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, entre outros. Apesar de haver diferenças em suas operacionalizações, acredita-se que todos eles cumprem as condições descritas por Glasser (1993) e tidas como fundamentais para se garantir um ambiente de ensino de qualidade. Para isso, os estudantes precisam:

- ser tratados com afetividade, apoio e confiança;
- ter comportamentos construtivos;
- ser incentivados a fazer o melhor que podem,
- sentir-se bem e em um ambiente favorável e acolhedor;
- conhecer a relevância do estudo solicitado;
- ser solicitados a avaliar o próprio trabalho.

Dentre as inúmeras possibilidades no campo das metodologias ativas, optou-se pela Aprendizagem Baseada em Problemas ou *Problem Based Learning* (PBL). Acredita-se que essa abordagem pode ajudar a minimizar o *gap* entre teoria e prática, destacado no trabalho de Mortenson, Doherty e Robinson (2015). A PBL tem suas origens na Universidade McMaster, no Canadá, em 1960. O processo pedagógico, por meio da Aprendizagem Baseada em Problemas, inicia-se com a apresentação ao aluno de um problema, fundado na ideia de que esse deve preceder as respostas. Assim, os estudantes têm a oportunidade de, reconhecendo suas deficiências de conhecimento, identificar conceitos e habilidades pertinentes à solução do problema proposto. Espera-se, dessa forma, uma maior motivação para a compreensão dos conteúdos da disciplina, além da capacidade de articulação da teoria à prática (Anderson e Lawton, 2009).

## Metodologia

Saunders, Lewis e Thornhill (2012) afirmam que a pesquisa aplicada resulta em solução para um problema específico, trazendo novos conhecimentos limitados a um determinado problema. A pesquisa em questão é aplicada. Seja na pesquisa básica ou na pesquisa aplicada, o rigor científico deve ser respeitado. Os autores destacam quatro filosofias de pesquisa: pragmatismo, positivismo, realismo, interpretativismo. Este trabalho tem aspectos filosóficos voltados ao pragmatismo, tanto sob o ponto de vista ontológico, ou seja, sob a visão do pesquisador acerca da natureza da realidade pesquisada, quanto epistemológico, isto é, o que o pesquisador considera conhecimento útil e aceitável. Este entendimento é importante, pois sustenta a estratégia da pesquisa e os métodos escolhidos, como parte da estratégia, para produzir conhecimento. No pragmatismo, o foco é em pesquisas aplicadas de caráter prático. Os conceitos são relevantes quando apoiam ações. A importância dos resultados de uma pesquisa está relacionada às suas consequências práticas. Tanto os fenômenos observáveis quanto os significados subjetivos podem fornecer conhecimento aceitável.

O trabalho é desenvolvido usando-se a de pesquisa documental (*archival research*), que utiliza registros e documentos como principal fonte de dados. Segundo Saunders *et al.* (2012), apesar do termo “*archival*” ter uma conotação histórica, ele pode se referir tanto a documentos recentes quanto históricos. De acordo com os objetivos, esta pesquisa é de natureza exploratória-descritiva. Saunders *et al.* (2012) tecem alguns comentários sobre estudos exploratórios e descritivos. A pesquisa exploratória representa um meio de se investigar e obter *insights* sobre um tópico de interesse. O objetivo da pesquisa descritiva é obter um perfil preciso de eventos, pessoas ou situações. Trabalhos deste tipo podem ser precursores ou extensões de pesquisas exploratórias. O trabalho meramente descritivo pode receber críticas, alegando-se que é esperado, além de mera descrição, a necessidade de análise, avaliação, síntese de ideias e conclusões acerca da realidade que se está descrevendo. É mais interessante pensar na descrição como um meio para um fim, e não um fim em si mesmo.

Ainda segundo Saunders *et al.* (2012), o mais comum em pesquisas pragmáticas é utilizar múltiplos métodos de coletas de dados, tanto quantitativas quanto qualitativas. As principais fontes de dados utilizadas foram registros e documentos, tais como projetos pedagógicos e ementas de Pesquisa Operacional de cursos de negócios. Foi utilizada a análise de conteúdo para verificar as frequências de ocorrências dos temas contidos nas ementas. Os assuntos que mais apareceram foram inseridos no sistema. Além disso, foram utilizados dados quantitativos para elaboração das análises que servem de embasamento para a tomada de decisão.

## Resultados

O produto desta pesquisa é um aplicativo denominado CPED (Controle de Produção, Estoque e Distribuição) de uma empresa fictícia chamada Genesis. Algumas telas do sistema são apresentadas na Figura 1. A Figura 1-a mostra a tela inicial, que aparece para o usuário, após a realização do *login*. A empresa possui quatro fábricas de óleo de soja, localizadas em Barreiras, Ponta Grossa, Primavera do Leste e Uberlândia, cujas produções devem ser encaminhadas a três portos demandantes, Paranaguá, Porto Velho e Santos, conforme rede logística da empresa apresentada na Figura 1-b.

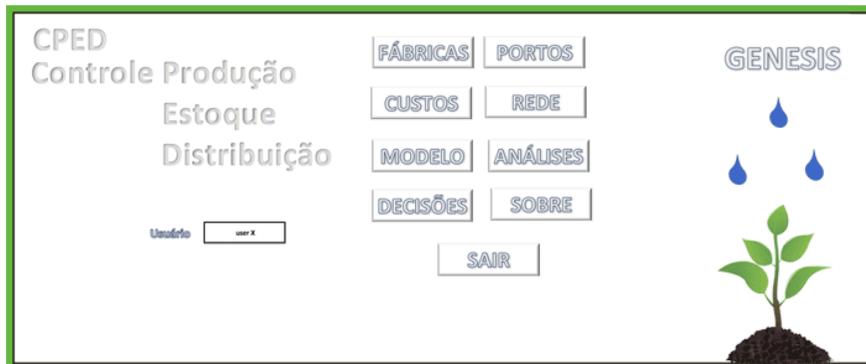


Figura 1-a. Tela inicial do sistema



Figura 1-b. Rede Logística da GENESIS

Figura 1. Exemplos de telas do sistema

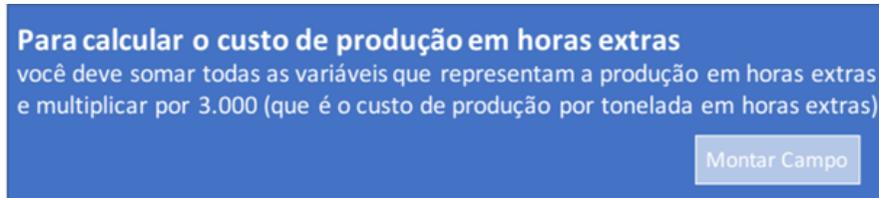
A ferramenta é construída de forma a guiar o estudante desde a modelagem do problema até a tomada de decisão e análises. Os alunos têm acesso a informações diversas acerca do contexto da empresa. É possível conferir as capacidades mensais de cada uma das fábricas, em horas regulares e horas extras; podem ser verificadas as demandas mensais de cada um dos portos demandantes do óleo de soja da Genesis; podem ser visualizados os custos de produção regular e hora extra e os custos de distribuição e é possível visualizar a rede logística da Genesis e as distâncias entre cada par possível origem-destino. Estas informações são consultadas no sistema por meio dos botões “Fábricas”, “Portos”, “Custos” e “Rede” apresentados na Figura 1-a.

Quando o aluno, atuando como gerente, clica no botão “Modelo” da tela inicial do sistema, ele deverá responder a algumas perguntas em relação à operação. Caso o estudante responda corretamente, a sequência de questões continua. Em caso de erro, o aluno pode verificar os dados da empresa e incluir uma nova resposta. Desta forma, ele é levado a compreender, em um primeiro momento, quais são as variáveis do modelo. Nesta simulação, há 72 variáveis que representam os envios realizados de cada fábrica para cada porto em cada um dos meses do trimestre para o qual está sendo feito o planejamento. O processo de definição das variáveis de decisão em problemas de otimização é um passo crucial para o sucesso da modelagem, resolução e análises, conforme apresentado por muitos autores, como por exemplo Fox e Garcia (2013).

Após o entendimento dessa etapa e a consequente criação das variáveis, aborda-se o conceito de balanceamento da oferta e demanda para construção do raciocínio que levará à elaboração das restrições do problema. Esta explicação é decisiva para a correta definição dos sinais de cada grupo de restrições: de oferta e de demanda. As restrições de oferta consideram a capacidade de produção de cada uma das fábricas em cada mês, tanto em horas regulares quanto em horas extras. Como são 4 fábricas, dois modos de produção em três meses, há 24 restrições nesse grupo. Além da estrutura das restrições, o sistema guia o aluno para entender que as capacidades máximas representam os parâmetros a serem incluídos nos lados direitos destas expressões. O aluno passará também por uma explicação de como deve agrupar as variáveis para formar os lados direitos para cada uma das restrições deste grupo. O mesmo raciocínio é feito para elaborar as restrições de demanda. Como são três portos e três meses, há 9 restrições neste grupo. Os lados direitos destas restrições representam as demandas de cada porto em cada mês. Da mesma forma, os alunos recebem uma explicação de como agrupar as variáveis para montar os lados esquerdos das restrições de demanda.

Ao finalizar a etapa de montagem das restrições, parte-se para a elaboração das estruturas de custo que comporão a função objetivo do problema, uma equação de minimização dos custos totais, que engloba tanto o custo de produção (em horas regulares e em horas extras), quanto o custo de distribuição. O custo de produção varia apenas em relação ao modo de produção. Ele é o mesmo para todas as fábricas, em todos os meses. Dessa forma, o aluno deve somar toda a quantidade produzida em horas regulares e em horas extras e multiplicar pelo custo correspondente. O sistema é construído de modo a forçar o raciocínio do aluno para que o mesmo dê a resposta correta para cada etapa desde a modelagem até a tomada de decisão e análises finais. No entanto, caso

após algumas tentativas, o aluno não conclua o raciocínio e, conseqüentemente, não forneça a resposta correta, o aplicativo apresenta a solução. Um exemplo de mensagem para o caso de esgotadas as tentativas de auxílio ao usuário para montar o custo de produção em horas extras é apresentado na Figura 2.



*Figura 2. Exemplo de mensagem que instrui o estudante a fazer o cálculo correto do custo de produção em horas extras*

Por sua vez, o custo de distribuição é definido pelo somatório dos produtos da distância entre cada par origem/destino, custo por quilometro e quantidade transportada (em toneladas) entre cada par. Assim, o custo total de cada mês é representado pela soma do custo de produção regular, do custo de produção em hora extra e do custo de distribuição do mês em questão. Finalmente, o custo total a ser minimizado corresponde a soma dos custos totais dos três meses em planejamento. O passo a passo que conduz à resolução pode ser resumido nas seguintes etapas:

- Definição das variáveis de decisão do problema
- Estruturação e construção das restrições (lados esquerdos, lados direitos e sinais das restrições)
- Esquematização dos custos mensais de produção e distribuição
- Construção do custo total.

Ao cumprir esse roteiro, o aluno é levado a compreender a modelagem, tomando ciência do porquê de cada variável e suas relações dentro das inúmeras equações e inequações que são formuladas. Assim, o problema está pronto para ser resolvido. A aplicação do algoritmo simplex é executada tão logo o aluno conclua a etapa de modelagem. Após a resolução, o aluno pode ou não fazer a opção para geração dos dados da Análise de Sensibilidade. Neste relatório, há informações gerenciais relevantes tais como o preço sombra e o custo reduzido. No aplicativo, este componente só funciona após a resolução do problema. Para auxiliar as análises do relatório que é construído, são disponibilizados, na própria ferramenta, áudios e vídeos explicativos de como proceder, divididos em quatro partes:

1ª parte: Introdução: apresenta o tipo de informação que há no relatório de sensibilidade e como ele é estruturado, separado por análise de informações acerca das variáveis e das restrições.

2ª parte: Variáveis\_parte1: traz explicações sobre a primeira parte da análise das variáveis que contém:

- o valor que a variável deve assumir na otimização, ou seja, no contexto em questão, quantas toneladas devem ser enviadas de cada fábrica para cada porto, respeitando as restrições e minimizando o custo total;

- o custo reduzido, ou seja, o impacto no custo total, caso haja alterações na resolução. Por exemplo, imagine que na solução ótima, no primeiro mês de planejamento devam ser transportadas para Santos 100 toneladas da produção regular e 50 toneladas da produção em horas extras de Barreiras, bem como 187,50 toneladas da produção regular e 32,50 da produção em horas extras de Uberlândia, conforme apresentado na Figura 3. Isso totaliza a demanda total de Santos para este mês (370 toneladas). Suponha agora que, por algum motivo, não seja possível fazer o transporte a partir de uma ou das duas localidades da solução ótima e que seja preciso escolher outro local para abastecer Santos. A informação de como isto prejudicaria o custo mínimo alcançado é o custo reduzido. Dessa forma, percebe-se que a primeira opção seria Primavera, pois apresenta o menor valor de impacto nos custos totais (30,8 – em unidades monetárias). Além disso, essa parte da análise traz o custo atual para cada variável (que é o produto da distância entre o par origem/destino e o custo/km).

VARIÁVEIS		VALOR ÓTIMO	CUSTO REDUZIDO	CUSTO ATUAL	ACRÉSCIMO	DECRÉSCIMO
MODO DE PRODUÇÃO	ORIGEM					
REGULAR	BARREIRAS	100	0	2332	4,00	2402,40
	PONTA GROSSA	0	134	2106,4	10 <sup>30</sup>	134,00
	PRIMAVERA	0	30,8	2304	10 <sup>30</sup>	30,80
	UBERLÂNDIA	187,5	0	2137,4	0,00	2207,80
EXTRA	BARREIRAS	50	0	3332	4,00	3402,40
	PONTA GROSSA	0	134	3106,4	10 <sup>30</sup>	134,00
	PRIMAVERA	0	30,8	3304	10 <sup>30</sup>	30,80
	UBERLÂNDIA	32,5	0	3137,4	30,80	0,00

Figura 3. Análise de sensibilidade do transporte para Santos no primeiro mês de planejamento

3ª parte: Variáveis\_parte2: neste áudio, o aluno recebe explicações acerca das duas últimas colunas da análise de variáveis no relatório. Veja o exemplo para a remessa da produção regular de Barreiras. O custo atual desta operação é 2332 unidades monetárias. O acréscimo de 4 representa que mesmo este custo tendo uma elevação de 4 unidades, este envio continuaria sendo vantajoso. Por outro lado, o valor do custo do envio da produção regular partindo de Ponta Grossa, que é de 2106,40 unidades monetárias, deveria ser 134 unidades monetárias a menos para que fosse viável uma alteração na base da solução corrente, ou seja, nas variáveis que assumem valores diferentes de zero na atual solução.

4ª parte: Restrições: no áudio explicativo das restrições, o aluno receberá informações acerca dos dados apresentados na Figura 4. Por exemplo, para a capacidade de produção regular de Barreiras neste mês, do total existente (lado direito) tudo foi consumido (valor atual de 100). O preço sombra representa o impacto nos custos totais para uma tonelada a mais de capacidade de produção regular de Barreiras que porventura seja possível conseguir. Este impacto é válido para a faixa de acréscimo e decréscimo apresentadas nas duas últimas colunas. Isto significa que entre 38,75 e 128,75 de capacidade de produção regular em Barreiras, o impacto unitário nos custos é de 2402,40. Dentro da faixa, abaixo de 100 toneladas o impacto é negativo, enquanto que acima da faixa, o impacto é positivo.

RESTRIÇÃO	VALOR ATUAL	PREÇO SOMBRA	LADO DIREITO	ACRÉSCIMO	DECRÉSCIMO
CAPACIDADE PRODUÇÃO REGULAR BARREIRAS	100	2402,4	100	28,75	61,25

Figura 4. Análise de sensibilidade da capacidade de produção mensal regular em Barreiras

## Considerações Finais

O artigo apresenta uma ferramenta embasada no campo da Pesquisa Operacional e mostra como os conceitos que a permeiam podem ser utilizados para apoiar a tomada de decisão. Ao passar por todo o processo de modelagem, resolução e interpretação do problema e seus resultados, o aluno, ao deparar-se com a responsabilidade de tomar boas decisões considerando o contexto apresentado, deverá buscar informações para subsidiar suas escolhas. Diante disso, o estudante pode consultar os materiais disponibilizados na própria ferramenta, no formato de textos, áudios e vídeos explicativos, tanto sobre como operar o sistema, quanto sobre a teoria de modelagem, resolução e análise de sensibilidade para embasar suas respostas. O estudante acessa os materiais na ordem e quando desejar, de acordo com suas necessidades. Acredita-se que isso torna o processo ensino-aprendizagem mais significativo, pois a percepção da necessidade de aprendizagem de um determinado tópico surge naturalmente, a medida que o estudante percorre a ferramenta.

Mortenson *et al.* (2015) destacam que existe uma lacuna entre a demanda organizacional por funcionários com boas capacidades analíticas e o número de candidatos qualificados para tal tarefa. Diante das inúmeras possibilidades de aplicações de Pesquisa Operacional no mundo contemporâneo, despertar o interesse e estimular discentes a se desenvolverem na área é um papel desafiador nas universidades e cursos de treinamento. Acredita-se que este tipo de recurso educacional pode, não só promover melhores resultados aos alunos de Pesquisa Operacional de escolas de negócios, mas também apresentar-se como uma estratégia inovadora a ser utilizada no ensino.

## Referências

- Anderson, P. H., Lawton, L. (2009). Business Simulations and Cognitive Learning: Developments, Desires, and Future Directions. *Simulation & Gaming*, 40(2), 193-216.
- Aucamp, D., Steinberg, D. (1982). The Computation of Shadow Prices in Linear Programming. *The Journal of the Operational Research Society*, 33(6), 557-565.
- Bacchus, F., Hyttinen, A., Järvisalo, M., Saikko, P. (2018). Reduced Cost Fixing for Maximum Satisfiability. *Proceedings of the Twenty-Seventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-18)*, 5209-5213.
- Camargo, F., Daros, T. (2018). *A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo*. Porto Alegre: Penso.
- Crisol-Moya, E., Romero-López, M. A., Caurcel-Cara, M. J. (2020). Active Methodologies in Higher Education: Perception and Opinion as Evaluated by Professors and Their Students in the Teaching-Learning Process. *Frontiers in Psychology*, 11.
- Cunningham, W. P., Freeman, D., McCloskey, J. F. (1984). OR Forum - Of Radar and Operations Research: An Appreciation of A. P. Rowe (1898–1976). *Operations Research*, 32(4), 958-967.

- Fox, W. P., Garcia, F. P. (2013). Modeling and Linear Programming in Engineering Management. In F. P. G. Márquez & B. Lev (Eds), *Engineering Management*. (pp.181-230). [Acesso em 3 de fevereiro de 2021]. Disponível em <http://www.intechopen.com/books/engineering-management>
- Glasser, W. (1993). *The quality school teacher*. New York: Harper Perennial.
- Greenberg, H. (1993). How to Analyze the Results of Linear Programs-Part 1: Preliminaries. *Interfaces*, 23(4), 56-67.
- Ifors. International Federation of Operational Research Societies. (2021). [Acesso em 25 de janeiro de 2021]. Disponível em: <https://www.ifors.org/what-is-or/>
- Konopka, C. L., Adaime, M. B., Mosele, P. H. (2015). Active Teaching and Learning Methodologies: Some Considerations. *Creative Education*, 06(14), 1536-1545.
- Malik, A., Kumar, V., Malik, A. K. (2016). Importance of Operations Research in Higher Education. *International Journal of Operations Research and Optimization*, 7(1-2), 35-40.
- Maxwell, D. T. (2000). Decision Analysis: Aiding Insight V. [Acesso em 14 de fevereiro de 2021]. Disponível em: <https://www.informs.org/ORMS-Today/Archived-Issues/2000/orms-10-00/Decision-Analysis-Aiding-Insight-V>
- Mortenson, M. J., Doherty, N. F., Robinson, S. (2015). Operational research from Taylorism to Terabytes: a research agenda for the analytics age. *European Journal of Operational Research*, 241(3), 583-595.
- O'Brien, F. A., Dyson, R. G., Kunc, M. (2011). Teaching Operational Research and Strategy at Warwick Business School. *INFORMS Transactions on Education*, 12(1), 4-19.
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. (2012). *Research methods for business studies*. 6th ed. England: Pearson Education Limited.
- Vaidya, N. V., Pidurkar, S. R., Shanti, M., Uparkar, S. S. (2020). Graphical View of Quick Simplex Method to Solve Linear Programming Problem. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(6), 5694-5710.
- Vitor, F., Easton, T. (2018). The double pivot simplex method. *Math Meth Oper Res*, 87, 109-137.

---

**Valeriana Cunha**, Administradora, pela Universidade Federal de Uberlândia (1997), Mestre em Economia Aplicada, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP (2001), Doutora em Administração, pela Universidade de São Paulo (2006). É professora associada da Universidade Federal de Uberlândia, desde 2008, e pós-doutoranda em Logística na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP, compondo o Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial da Escola, o ESALQ-LOG. Desenvolve projetos e realiza pesquisas acerca do aprimoramento de técnicas de ensino e métodos quantitativos aplicados à tomada de decisão em gestão empresarial.

---

**José Vicente Caixeta-Filho**, Engenheiro Civil, pela Escola Politécnica da USP (1984), Mestrado em Economia, pela University of New England (Austrália, 1989), Doutorado em Engenharia de Transportes, pela Escola Politécnica (1993). Professor-visitante na Christian-Albrechts Universität zu Kiel (Alemanha, 1994) e na University of Illinois, Urbana-Champaign (EUA, 2016). Professor Titular da ESALQ/USP, instituição da qual foi Diretor em 2011-2015. Prêmio Fundação Bunge, categoria "Vida e Obra" (2016). Está à frente do Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG – desde a sua fundação em 2003. A partir de 2021 é Secretário de Mobilidade Urbana, Trânsito e Transporte do Município de Piracicaba.

---