



ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE COMPETITIVIDADE E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Bianca Santos Serafim

bianca.gpp012@gmail.com

Profa. Dra. Priscila Cristina Berbert Rampazzo

Faculdade de Ciências Aplicadas

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar como a Análise Envoltória de Dados (DEA), metodologia da Pesquisa Operacional (PO), poderia ser utilizada como ferramenta de Planejamento Estratégico em intuições privadas da região de Limeira.

Inicialmente houve o estudo dos conceitos da metodologia, bem como algumas de aplicações na área administrativa, e a apresentação desses conceitos para gestores de Limeira do setor público e do setor privado, como forma de divulgação científica. A segunda etapa, após a identificação de uma oportunidade de aplicação da metodologia, consistiu em implementar modelos matemáticos para o Problema de Seleção de Fornecedores, e resolvê-los através de um *solver* disponível no módulo *ortools*, em linguagem de Programação Python. Por fim, os resultados obtidos foram analisados com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta que possibilite o planejamento estratégico na Cadeia de Suprimentos, auxiliando instituições que lidam com problemas de monitoramento de unidades de decisão no dia-a-dia, mas não conhecem metodologias quantitativas que possam auxiliar no processo decisório.

Esse projeto contava com a aplicação prática para problemas reais, porém a pesquisa de campo junto às empresas foi prejudicada em decorrência da pandemia COVID-19. Sendo assim implementou-se um modelo computacional que auxilia a identificar fornecedores mais eficientes em uma concorrência de preços de *e-commerces*.

PALAVRAS CHAVE. Administração, Pesquisa Operacional, DEA, Planejamento Estratégico, Cadeia de Suprimentos.

1. Introdução

A Pesquisa Operacional [Taha, 2007; Winston, 2004] tem tido um impacto crescente nas mais diversas áreas de aplicação, sendo usada amplamente em diferentes tipos de organizações. Suas técnicas envolvem idéias sofisticadas e métodos quantitativos eficientes de matemática, computação, teoria da probabilidade e estatística; aplicados na resolução de um problema de tomada de decisão. Dentre as metodologias de Pesquisa Operacional, está a Programação Linear; uma técnica baseada em modelos que assumem a forma de equações ou inequações e que traduzem uma representação de um sistema e de seu comportamento. O conjunto destas equações, juntamente com uma função-objetivo, constituem um modelo de decisão, que representam problemas nos quais o objetivo é determinar, segundo um critério, a melhor escolha dentro de um conjunto de alternativas.



Atualmente os administradores dispõem de muitas ferramentas para a análise do mercado e de gestão da empresa; como exemplos mais conhecidos estão *Balanced Scorecard* (BSC) [Prieto et al., 2006], Análise SWOT [Santos e Fernandes, 2015], *Benchmarking* [Camp, 2018], Modelo das Cinco Forças de Porter [Nakagawa, 2019]. Esses modelos são úteis para avaliar o desempenho da instituição, mas existem algumas dificuldades para identificar os fatores que devem ser considerados nessas análises por se tratar de itens subjetivos. Levando isso em consideração, uma alternativa que pode ajudar a transpor o desafio da subjetividade na administração estratégica é fazer uso de uma ferramenta que utilize critérios objetivos e de fácil identificação pelos usuários, a partir de uma abordagem lógica e quantitativa que aproxime o empreendedor o máximo possível da realidade do mercado.

A Análise Envoltória de Dados, em inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA) [de Mello et al., 2005], é uma ferramenta a qual mensura a eficiência de unidades produtivas, que são denominadas como DMUs (do inglês *Decision Making Units*), através de modelos matemáticos. Essa avaliação é feita a partir da relação dos recursos que a empresa dispõe (*inputs*) e resultados obtidos (*outputs*). Portanto, levando em consideração os benefícios que a DEA pode trazer como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, esse projeto tem como objetivo desenvolver essa ferramenta com uma orientação à análise do mercado competitivo e desenvolvimento de planejamento estratégico, tornando essa ferramenta acessível para pequenas e médias empresas, através da análise de variáveis objetivas a partir de uma visão de mercado realista. Abordagens qualitativas e quantitativas podem ser utilizadas em conjunto para guiar o processo de tomada de decisão.

2. Métodos e Metodologia

A parte inicial da pesquisa contemplou o estudo dos diferentes modelos de DEA: CCR (com retornos constantes de escala: uma variação nos *inputs*, leva a uma variação proporcional nos *outputs*) e BCC (com retorno variável de escala), tanto com orientação a *inputs* (tendo como possibilidade a alteração dos recursos das DMUs ineficientes), quanto com orientação a *outputs* (tendo como possibilidade a alteração dos resultados das DMUs ineficientes); com modelos nos formatos: Modelos dos Multiplicadores (Primal) e Modelos dos Envelopes (Dual). A principal referência foi o minicurso apresentado por dea.

O modelo "CCR - Modelo dos Multiplicadores", com orientação a *input* serviu de base para a construção dos demais modelos. Neste modelo, as DMUs consomem múltiplos recursos (*inputs*) e geram resultados (*outputs*). Assim, definimos os dados de entrada do problema:

x_{ik} : *input* i da k-ésima DMU

y_{jk} : *output* j da k-ésima DMU

As variáveis de decisão representam a importância dos recursos e resultados e são definidas como:

v_i : pesos dos *inputs*

u_j : pesos dos *outputs*

Deseja-se maximizar a eficiência de determinada DMU o (Equações (1) e (2) devidamente tratadas), garantindo que nenhuma outra DMU obtenha mais que 100% de eficiência (Equação (3)) [de Mello et al., 2005]. Logo, o modelo orientado a *Input* (tendo como possibilidade a alteração dos *inputs* (entradas) para que uma DMU ineficiente se torne eficiente)



$$\text{Max } Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jo} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^r v_i \cdot x_{io} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i \cdot x_{ik} \leq 0 \quad \forall k \quad (3)$$

$$v_i, u_j \geq 0 \quad \forall i, \forall j$$

Também é possível considerar o modelo matemático orientado a *Output* (tendo como possibilidade a alteração dos *outputs* (saídas) para que uma DMU ineficiente se torne eficiente):

$$\text{Min } Eff_o = \sum_{i=1}^s v_i \cdot x_{io} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^r u_j \cdot y_{jo} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^s u_j \cdot y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i \cdot x_{ik} \leq 0 \quad \forall k \quad (6)$$

$$v_i, u_j \geq 0 \quad \forall i, \forall j$$

Os modelos foram implementados em linguagem de programação *Python* em ambiente Google Colab, importando o pacote *ortools*. O OR-Tools [OR-Tools, 2019] é uma biblioteca de código aberto utilizada para escrever os modelos de otimização através de uma linguagem de modelagem algébrica. Após a implementação do modelo, o programa é executado por um *solver*. Existem vários pacotes comerciais e pacotes gratuitos disponíveis para resolver problemas de programação linear. Em geral, eles diferem entre si nos métodos implementados e nos tipos de problemas que são capazes de resolver. Neste trabalho, utilizou-se o *solver* GLOP [OR-Tools, 2019] de Programação Linear.

3. Proposta de Pesquisa: Seleção de Fornecedores

Devido a afinidade da aluna com tema de Seleção de Fornecedores, viu-se uma oportunidade de desenvolver uma ferramenta que auxilie empresas a escolher o melhor fornecedor em uma determinada concorrência, contribuindo para o Planejamento Estratégico da área de Suprimentos e impactando de maneira positiva em toda a Cadeia de Suprimentos. A função-objetivo foi definida como a maximização da eficiência das DMUs, correspondentes aos fornecedores, que tem os desempenhos comparados entre si.

Essa proposta foi validada por uma empresa, que sugeriu o estabelecimento dos *inputs* e *outputs* da seguinte forma: o preço dos itens avaliados para compra correspondem ao *input*, pois refere-se ao recurso que a empresa irá dispor para obter determinados resultados; já o atendimento técnico do produto, a confiabilidade do fornecedor, o atendimento a localidade do comprador, a condição de pagamento oferecida e o prazo de entrega referem-se ao *output*, por corresponderem aos resultados oferecidos pelo fornecedor diante do investimento realizado. O último *output* citado, correspondente ao prazo de entrega, deve ser classificado como um "output indesejado" [Dyson et al., 2001], uma vez que não há interesse em fazê-lo crescer, conforme espera-se dos outros resultados estipulados nesse modelo. Portanto, para que seja possível essa avaliação, esse indicador



deve ser o resultado da razão do tipo: $1/(\text{o número de dias estipulado pelo fornecedor como prazo de entrega})$.

Após a definição dos critérios acima, o modelo foi aplicado para a comparação de fornecedores *e-commerce*, procurando o que obterá maior eficiência diante do cenário de compra de dois tipos de cama de casal: (produto P1) uma cama box conjugada, que atende dez dos critérios técnicos propostos pelo comprador, e (produto P2) uma cama comum confeccionada em madeira, que atende sete dos critérios técnicos estabelecidos. Esses critérios técnicos correspondem ao *output* "atendimento técnico do produto" (Figura 1).

4. Implementações Computacionais

Inicialmente houve um empenho para entender lógica e linguagem de programação *Python* através de exercícios simples de implementação de modelos otimização e, a partir disso, entender os conceitos para generalização de comandos para problemas e modelos mais complexos. Posteriormente implementou-se o modelo de DEA atribuído à proposta de trabalho, em linguagem de programação *Python*, com importação do pacote *ortools* e manipulação das informações (através de leitura) de planilhas eletrônicas, para facilitar a utilização pelos possíveis usuários.

	Produto	Fornecedores	Inputs		Outputs			
			Preço	Prazo de Entrega	Atendimento Técnico	Análise Financeira	Localidade	Condição de Pagamento
0	P1	Fornecedor 01	435,89	36 dias úteis	10	1	1	6x
1	P2		438,44	21 dias úteis	7	1	1	12x
2	P1	Fornecedor 02	544,9	25 dias úteis	10	1	1	10x
3	P2		438,44	21 dias úteis	7	1	1	12x
4	P1	Fornecedor 03	445,89	36 dias úteis	10	1	1	6x
5	P2		438,44	21 dias úteis	7	1	1	12x
6	P1	Fornecedor 04	435,89	36 dias úteis	10	1	1	3x
7	P2		438,44	21 dias úteis	7	1	1	12x
8	P1	Fornecedor 05	544,9	21 dias úteis	10	1	1	12x
9	P2		438,44	21 dias úteis	7	1	1	15x
10	P1	Fornecedor 06	544,9	21 dias úteis	10	1	1	24x
11	P2		433,44	21 dias úteis	7	1	1	12x
12	P1	Fornecedor 07	544,9	21 dias úteis	10	1	1	12x
13	P1	Fornecedor 08	644,9	21 dias úteis	10	1	1	12x
14	P2		418,54	21 dias úteis	7	1	1	12x
15	P1	Fornecedor 09	438,44	21 dias úteis	7	1	1	7x

Figura 1: Apresentação dos Parâmetros.

5. Resultados

A análise foi realizada para nove fornecedores de *e-commerce* distintos, estabelecendo então a comparação entre 16 DMUs (considerando que dois dos fornecedores ofertaram apenas um dos tipos de cama pesquisados). Através da organização dos dados em uma planilha eletrônica, foi possível realizar a leitura do arquivo pelo programa implementado, conforme descrito no tópico de implementações computacionais. Esse procedimento resultou em 5 DMUs eficientes e 11 ineficientes. A numeração das DMUs (de 0 a 15) segue a mesma ordem apresentada na Figura 1.

Após a comparação das variáveis das DMUs eficientes, identificou-se um comportamento já visto em [de Mello et al., 2005], que corresponde a DMUs que apresentam o mesmo resultado de eficiência diante de parâmetros diferentes. Esse resultado é curioso pois, espera-se que uma DMU que tem um parâmetro de resultado menor do que a outra, porém que exige o mesmo valor para o único parâmetro de recurso estipulado (que nesse caso é o preço), seja menos eficiente. O que ocorre nesse caso é que uma DMU pode dominar a outra, sendo que ambas são localizadas na fronteira de eficiência e apresentam o mesmo resultado, contudo a DMU que apresenta mais resultados



utilizando menos recursos é dominante. DMUs que possuem esse comportamento também podem ser classificadas como "fortemente" ou "fracamente" eficientes.

6. Conclusão

Apesar da impossibilidade de executar o modelo desenvolvido em uma situação real de compras em empresas, devido a dificuldade de acesso às mesmas proporcionada pela pandemia COVID-19, esse modelo foi executado em uma simulação de compras com dados reais de fornecedores *e-commerce*. Considerando o crescimento significativo de compras online em 39% no primeiro semestre de 2020, em comparação ao período anterior [G1, 2020], essa pesquisa propõe uma solução equivalente ao contexto vivido atualmente, pois desenvolveu-se uma ferramenta relevante para a seleção de fornecedores, dada a importância do acesso a uma ferramenta que auxilie na escolha dos itens comprados, uma vez que as relações entre fornecedor e cliente foram modificadas.

Essa experiência foi válida para desenvolver uma visão crítica da implementação da DEA, pois a autora dessa pesquisa sentiu a necessidade de uma vivência maior com o setor estudado (Cadeia de Suprimentos) para que o trabalho pudesse ser desenvolvido da melhor forma para atender as necessidades da empresa. Como houve o déficit no contato para que essa vivência fosse desenvolvida, seria interessante o aprofundamento desse contato em trabalhos futuros.

Referências

- Camp, R. C. (2018). Benchmarking - the search for industry best practices that lead to superior performance. src.sig.org/docs/Benchmarking-Guidelines.doc.
- de Mello, J. C. C. B. S., Meza, L. A., Gomes, E. G., e Neto, L. B. (2005). Curso de análise de envoltória de dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., e Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in dea.
- G1 (2020). Faturamento de lojas online no brasil cresce 47% no 1º semestre de 2020, maior alta em 20 anos. <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/2020/08/28/faturamento-de-lojas-online-no-brasil-cresce-47-por-cento-no-1o-semester-de-2020-maior-alta-em-20-anos.ghtml>.
- Nakagawa, M. (2019). Ferramenta: 5 forças de porter (clássico). <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME5 - Forcas - Porter.PDF>.
- OR-Tools, G. (2019). Route. schedule. plan. assign. pack. solve. or-tools is fast and portable software for combinatorial optimization. <https://developers.google.com/optimization/>.
- Prieto, V. C., Pereira, F. L. A., de Carvalho, M. M., e Laurindo, F. J. B. (2006). Fatores críticos na implementação do balanced scorecard.
- Santos, M. C. e Fernandes, M. E. B. A. (2015). A ferramenta análise swot no processo de formulação nas pequenas empresas: um estudo de caso. URL <http://revista.fatecsebrae.edu.br/index.php/em-debate/article/view/19/20>.
- Taha, H. A. (2007). *Pesquisa Operacional*. Pearson (Prentice Hall), São Paulo, 8ªed. edition.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research*. Brooks/Cole (Thomson), United States, 4ªed. edition.