

Aplicação da Programação Linear para otimizar o *mix* de produtos em uma empresa de confecção

Ilza Pezzi Godinho e Leandro Luís Corso

Resumo

As constantes mudanças no mercado têxtil e de confecção fazem com que as empresas necessitem rápida resposta ao cenário e as necessidades dos clientes; as mudanças tecnológicas tornam o fácil acesso aos produtos uma ferramenta global aumentando a competitividade entre as organizações. O presente artigo foi desenvolvido numa empresa do ramo de confecção feminina e masculina situada na Serra Gaúcha e buscou uma proposta para a otimização no *mix* de produtos visando a maximização do seu lucro, para tanto, foi utilizado um modelo matemático de Programação Linear. Primeiramente foram realizados os levantamentos dos dados para entendimento do problema, em seguida, definidas a função objetivo, as variáveis e as restrições do modelo, como os limites inferior e superior e tempo disponível para a produção dos produtos. Logo após foram feitos testes e a simulação trouxe resultados significativos, como um incremento no faturamento do período analisado de 21,4% sem precisar de investimentos iniciais para sua implementação. Além disso, notou-se que o modelo matemático proposto pode ser uma importante ferramenta de decisão em áreas estratégicas da empresa unindo a simulação com as decisões de forma empírica dos especialistas trazendo outros benefícios como o planejamento da coleção de acordo com as necessidades de mercado e a observação do feedback dos clientes.

Palavras-chave

Mix de produtos, Pesquisa Operacional, Método Simplex, Programação Linear

Application of Linear Programming to optimize the mix of products in a confectionery company

Abstract

The constant changes in the textile and clothing market means that companies need to respond quickly to the economic scenario and the customer needs; the technological changes make the easy access to the products, a global tool increasing the competitiveness between the organizations. The present article was developed in a female and male confectionery company located in the Gaúcha Mountain and sought a proposal for the optimization of the product mix in order to maximize its profit. For this purpose, the mathematical model was used through Linear Programming, the data were collected to understand the problem, then the objective function, the model variables and constraints were defined, such as the lower and upper limits and time available for the product production. Soon after, tests were carried out and the simulation brought significant results, such as an increase in the sales of the analyzed period of 21.4% without need for initial investments for its implementation. In addition, it was noted that the proposed mathematical model can be an important decision tool in strategic areas of the company, combining the simulation with the empirical decisions of the specialists bringing other benefits such as planning the collection according to market needs and observation of customer's feedback.

Keywords

Products Mix, Operational Research, Simplex Method

I. INTRODUÇÃO

A indústria de confecção vem sofrendo constantes mudanças em relação a sua forma de produção. As empresas nacionais tiveram auges de produção até o fim da década de 1970. A partir da década de 90, a abertura das portas do Brasil às exportações fez com que as empresas nacionais perdessem mercado principalmente para empresas asiáticas. O consumo interno aumentou neste período, mas políticas recessivas juntamente com a estrutura de custos centrada em baixos salários destas organizações e a competição global praticamente determinavam o fracasso de empresas em países desenvolvidos ou em desenvolvimento [1].

Para sobreviver ao mercado, as empresas nacionais começaram a fabricar produtos com maior valor agregado, apostando em qualidade e aumento no *mix* de produtos em relação aos concorrentes externos, acrescentando novas matérias-primas, máquinas e novas tecnologias [1]. A produção de têxteis e de confecções agora é puxada pelos clientes finais que procuram gerar critérios de produtos e produção [2].

Estas alterações no perfil das empresas refletem a necessidade de rápida mudança aos novos cenários que constantemente requerem decisões sobre novos investimentos, novas tecnologias, revisão de planos de

Pós-Graduação em Engenharia Industrial - Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Emails: i_p_g@hotmail.com, llcorso@ucs.br

Data de envio: 19/03/2019

Data de aceite: 18/04/2019

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p83>

negócios e de custos, uma vez que os recursos se encontram de forma escassa.

Este cenário era exatamente o encontrado durante a Segunda Guerra Mundial onde os insumos eram insuficientes. Os governos contratavam cientistas a fim de solucionar problemas táticos e estratégicos alocando de forma eficiente os recursos existentes. Com o fim da Guerra o sucesso da Pesquisa Operacional (PO) se disseminou e as empresas começaram a buscar estes profissionais para solucionar problemas em diversas áreas [3].

A PO é empregada em questões de como conduzir e coordenar as operações utilizando um método científico para investigar um problema empresarial. Primeiramente formula-se o problema cuidadosamente observando todos os dados existentes, em seguida elabora-se o modelo matemático e tenta-se extrair a essência do problema, por fim, faz-se testes e reformula-se as hipóteses, se necessário, este processo é conhecido como a validação do modelo [3].

Este trabalho propõe utilizar uma das ferramentas da PO para propor uma otimização no *mix* de produtos de uma indústria de confecção de moda feminina e masculina situada na Serra Gaúcha visando a maximização do seu lucro.

Neste contexto, entende-se que a solução ótima pode ser dada pela Programação Linear (PL). A palavra “programação” tem o sinônimo de planejamento, já o adjetivo linear indica que as funções matemáticas do modelo são necessariamente lineares [3]. Uma ferramenta utilizada na PL para este tipo de problemática é o método Simplex que consiste em buscar uma ou mais soluções possíveis, gerando uma sequência destas soluções, quando esta série é completada a solução ótima é obtida [5]. Estabelecer a destinação dos recursos envolve adotar os níveis de atividades que desempenhem o melhor valor possível da medida de desempenho global [4].

“A indústria do vestuário é altamente competitiva e pressionada pelo aumento da qualidade, diversidade de escolhas, conteúdo de moda e redução de custos e de preços” [2]. Desta forma, o objetivo deste trabalho é utilizar a PL para identificar um *mix* de produtos ótimo que maximize o seu lucro e auxilie a empresa na tomada de decisões. Muitos destes problemas envolvem incertezas e estas incertezas podem gerar modelos não lineares, portanto diferentes abordagens podem ser utilizadas [6], entretanto, diferentes modelos podem ser utilizados para aproximar os dados reais dentro da otimização [7]. Além disso, a difusão das tecnologias de informação e de comunicação insere a indústria da confecção da Quarta Revolução Industrial. Desta forma, entende-se que a rápida resposta de que a empresa necessita para atender da melhor forma seus clientes e aumentar seus resultados pode ser auxiliada pela PL.

II. MATERIAL E MÉTODOS

Nos últimos três anos a crise política e econômica do país fez com que o poder aquisitivo dos brasileiros fosse reduzido devido, principalmente, as altas taxas de desemprego. A situação do consumidor final ficou complicada pois muitos não tinham mais renda fixa e por isto estavam sem crédito para novas compras, e por outro lado, quem ainda estava empregado apenas consumia o necessário pois havia o receio de quanto tempo esta situação iria permanecer.

Entre os anos de 2015 e 2018 a empresa viu as suas vendas sendo reduzidas pela metade e como em todos os segmentos

da indústria, houve um efeito cascata e o poder aquisitivo dos seus clientes (lojistas) também sofreu redução e este fator fez com que a organização notasse a importância da tomada de decisões na busca pela sobrevivência no mercado. Neste contexto, nota-se que o planejamento assertivo da coleção impacta diretamente sobre o lucro da empresa e desta forma faz-se necessário uma ferramenta que auxilie na busca por melhores resultados. De acordo com a literatura estudada, a resolução de problemas com *mix* de produtos pode ser obtida mediante o método Simplex.

Até o presente momento a empresa estudada não conta com nenhuma ferramenta que auxilie na tomada de decisão, assim como o planejamento estratégico, o desenvolvimento da coleção é feito em conjunto entre a diretoria e o setor de estilo utilizando o conhecimento adquirido nas suas experiências. As informações do conhecimento de mercado e as tendências da moda se unem e formam uma nova coleção, porém, nota-se a falta de assertividade na escolha dos modelos que infelizmente é notada apenas quando os produtos estão em processo de venda.

Para tanto, foi escolhida a coleção de inverno 2018 para a extração dos dados, entendimento do problema e elaboração do modelo matemático. Esta coleção apresentou 146 produtos entre os modelos de confecção feminina e masculina que posteriormente foram consideradas como variáveis de decisão do modelo. O estudo optou por não dividir os itens em família de produtos, como por exemplo calças, casacos, coletes, etc., pois a estrutura da produção é a mesma em todos os tipos de peças, desta forma, a empresa tem a flexibilidade de alterar a quantidade por tipo de produto ou excluir da coleção algum grupo de produtos caso seja necessário.

O tempo disponível para a produção foi estimado em cem dias úteis com o quadro de funcionários de oitenta pessoas no setor de costura. O número de funcionários dos outros setores produtivos não foi considerado neste cálculo por se tratarem de menor tempo de produção. O lucro e o tempo do processo de cada modelo foram retirados dos dados que a empresa já possuía, assim como o número de vendas deste período.

Com o entendimento do problema enfrentado pela empresa atualmente, a segunda fase do estudo foi a elaboração do modelo matemático, que faz parte dos procedimentos de aplicação de programação linear [3]. A forma padrão de um problema de PL, maximizar ou minimizar, pode ser dada por

$$\text{Max (Min) } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Sujeita a:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_1 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= b_2 \\ &\vdots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq b_m \end{aligned}$$

Onde:

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, \dots, x_n) &= l_1x_1 + l_2x_2 + \dots + l_nx_n \\ g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) &= a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n, \text{ para } i = 1, \dots, m \end{aligned}$$

Para modelo tem-se:

- i é o índice de uma determinada restrição ($i = 1, 2, \dots, m$);
- j é o índice de uma determinada variável ($j = 1, 2, \dots, n$);

- l_j é o coeficiente da variável x_j na função objetivo, neste caso o lucro do produto j ;
- a_{ji} é o coeficiente da variável x_j na restrição i ;
- n é o número de variáveis do modelo;
- m é o número de restrições presentes no modelo.

Para empresa em análise, os diferentes tipos de produtos disponíveis na coleção estudada foram identificados como variáveis de decisão (x_1, x_2, \dots, x_n), as quais são as quantidades a serem produzidas dos 146 produtos. Desta forma, a Função Objetivo para a maximização dos lucros é dada por:

$$\text{Max } f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n l_j x_j$$

As restrições nos valores que podem ser atribuídos as variáveis de decisão são expressas de forma matemática, geralmente por meio de desigualdades ou equações [3]. Neste contexto, foram avaliadas todas as situações que influenciavam o resultado esperado da empresa, porém nem todas foram expostas como restrição do modelo, pois, entende-se que, uma vez a venda tenha sido efetivada, a empresa tem acesso a rápida resposta, como a restrição por matéria prima, por exemplo, apresentado por [8] e [9].

De acordo com os dados da empresa, o mínimo de produção de trinta peças por modelo foi considerado como limite inferior (I_j). A otimização do *mix* deve considerar a restrição da quantidade mínima a ser produzida de cada item. A equação que representa esta condição é dada por:

$$x_j \geq I_j, \quad \text{para } j = 1, \dots, n.$$

Um problema enfrentado pelas indústrias de vestuário da região é a falta de mão de obra especializada, então, mesmo com o cenário atual desfavorável, a empresa optou por não reduzir o número de funcionários de forma proporcional a redução da receita, o principal motivo é a dificuldade de capacitar estes trabalhadores, já que a empresa visa uma retomada no volume de produção a curto ou médio prazo. Considerando que historicamente a empresa vendeu e entregou o dobro da venda atual, o lote máximo foi calculado multiplicando por dois a quantidade de cada produto neste período. O fato de considerar o período todo de venda é fundamental pela resposta que se espera em um problema de otimização de *mix* como este [9] e [10].

Para um problema de *mix* como este, torna-se fundamental que todo o período de vendas seja considerado [9] e [10], onde, o valor S_j representar o valor máximo previsto de venda para o item j .

Desta forma, a seguinte restrição deve ser considerada:

$$x_j \leq S_j, \text{ para } j = 1, \dots, n.$$

A restrição de mão de obra é dada pelo tempo disponível para a produção e foi estimada calculando o tempo necessários para a fabricação de cada item, o número de funcionários da área e o tempo total disponível para a produção e entrega dos itens vendidos, sem ponderar horas extras e nem contratações. Esta restrição é apresentada pela equação:

$$\sum_{j=1}^n x_j t_j \leq \text{Tempo Total}$$

Onde:

t_j = tempo de fabricação unitário do item j ;

Tempo total = tempo total disponível para a produção dos itens na linha de produção.

Ao mesmo tempo que este modelo matemático pode encontrar a solução ótima, também permite a empresa simular cenários para diferentes dados de entrada [11] e [12].

III. RESULTADOS

A validação do modelo matemático proposto para a otimização do *mix* de produtos da empresa estudada foi calculada com base nas informações da coleção de inverno 2018 e as informações extraídas do resultado dos cálculos podem ser comparados com o histórico deste período. Com o intuito de conservar a confidencialidade dos dados, os valores aqui apresentados não correspondem aos valores reais de lucro dos produtos.

Foram inseridas as informações de quantidade e lucro de cada item oferecido ao mercado. O modelo cruzou os dados, considerando as restrições anteriormente citadas e propôs uma quantidade de venda destes produtos visando a maximização do lucro total da empresa.

O resultado do modelo matemático implementado neste estudo comparado com o que foi realizado no período mostrou-se eficiente na medida em que elucidou diversos aspectos referentes ao planejamento da coleção. A Figura 1 mostra o resultado do modelo matemático em comparação com a venda do período.

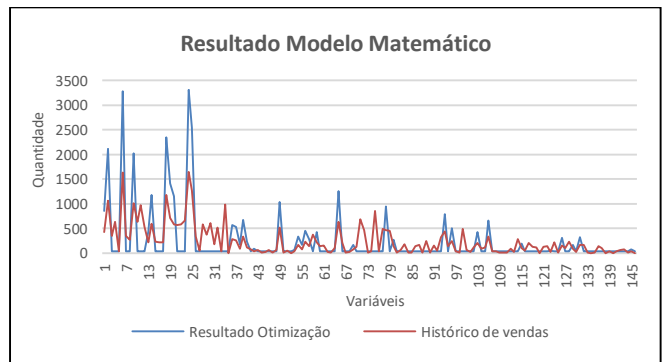


Figura 1 – Comparativo das quantidades a serem produzidas com relação ao período anterior.

Nota-se uma tendência similar em certos produtos, resultado do *feeling* dos responsáveis. Este sucesso pode ser constatado em alguns produtos que são considerados clássicos pelo setor de estilo e que são disponibilizadas a algumas coleções. Por terem poucas alterações na sua base, estes itens acabam reduzindo seu tempo de produção pelo simples fato da prática da mão de obra ocasionando uma redução no custo e aumento no lucro. Entretanto, em outros artigos o resultado da simulação foi completamente oposto ao realizado indicando que alguns itens podem e devem sofrer alterações.

Como visto na última seção, o limite inferior foi considerado para que o mínimo dos custos com o produto desenvolvido pudesse ser atendido. A venda, por intermédio

de vários representantes, é pulverizada, então a empresa não repassa esta informação aos seus clientes, a soma de toda a venda deve ter esta restrição atendida, caso contrário a empresa acaba arcando com o prejuízo ou deixa de entregar a quantidade desta referência, o que torna o cliente insatisfeito.

A execução do modelo matemático indicou a produção da quantidade mínima de 105 variáveis, com isso pode-se constatar um excesso de referências na coleção, ou seja, o espaço na produção destinado a estes modelos poderiam estar sendo ocupados por itens com maior lucratividade.

Neste contexto, a empresa deve avaliar os números com cuidado pois existe uma série de variáveis a considerar. O processo de ingresso de novos produtos no mercado deve ser avaliado, uma vez que a empresa decida, por exemplo, colocar um tipo de peça à venda, pode ser que esta demore mais do que o período de uma coleção para que tenha aceitação do público. O balanceamento de produção pode ser um fator a ser considerado uma vez que o produto pode ser produzido juntamente com outro otimizando o resultado de ambos. Entretanto a tendência de mercado é um dos mais importantes e o mais difícil de avaliar, pois a cada coleção os clientes esperam por novidades sem abrir mão do que já deu certo em outros períodos, esta equação entre os modelos novos e os clássicos pode mudar drasticamente o resultado da coleção.

Contudo, o lucro da empresa na coleção estudada teve um incremento de 21,4% de acordo com o *mix* de produtos proposto pela PL em comparação com o total realizado no mesmo período. A Figura 2 mostra graficamente este resultado.

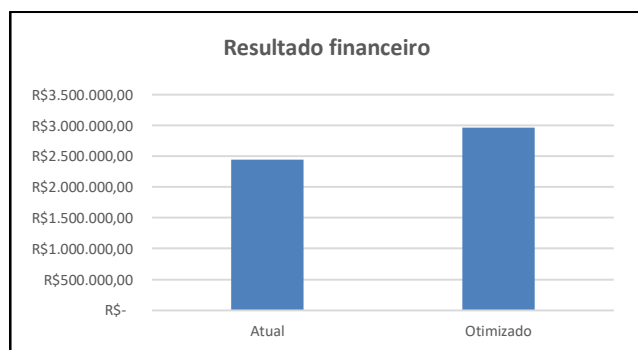


Figura 2 – Comparação do resultado financeiro atual com o resultado proposto pela otimização

Sabe-se que o resultado da PL é uma importante ferramenta de auxílio na tomada de decisão, porém, é importante ressaltar que tão importante quanto a informação fornecida pelo modelo matemático é a análise dos dados por parte da diretoria e do setor de estilo da empresa. As decisões devem estar alinhadas ao planejamento estratégico verificando constantemente as necessidades dos clientes para que sejam atendidas ao máximo e pode ser utilizada para a verificação se a estratégia a longo prazo está no rumo conforme o planejado ou se é necessário mudanças.

O cenário atual pode ser um exemplo das consequências com a falta de informações, caso a empresa tivesse acesso a estes dados talvez a porcentagem da redução no número de peças vendidas não fosse tão expressiva como no período estudado. A diretoria poderia verificar outras possibilidades de atuação como exportação ou sistema *fast fashion*, por exemplo.

Outra prática constante da empresa é recolocar na próxima coleção modelos que tiveram bom desempenho nas vendas em comparação com os demais. Entretanto, como não é realizada nenhuma análise feita diante dos lucros de cada um dos produtos, entende-se que pode haver uma distorção no lucro esperado, conforme pode ser avaliado no modelo de otimização. Caso a empresa utilizasse esta ferramenta com a finalidade de avaliar os itens antes de colocá-los novamente para venda, poderia ter visto este comportamento antes e a descontinuidade fosse antecipada, reduzindo os custos com o desenvolvimento e produção de mostruários.

Como citado anteriormente, o sistema de vendas da empresa é por intermédio de representantes e se concentra principalmente na região sul e sudeste, no entanto, neste território há culturas e clima diferenciados, com isso, as informações trazidas pelos vendedores são bastante distintas e de difícil compilação. Neste contexto, entende-se que o resultado do modelo matemático pode auxiliar numa implementação da estratégia de vendas e monitorar o desempenho da venda dos produtos buscando um *feedback* dos clientes e ajustando as suas necessidades [5], forçando a meta de cada vendedor com o intuito de atender ao *mix* ótimo de produtos.

Sem dúvida o planejamento estratégico é a área com maior benefício trazido pelos resultados da análise do modelo matemático de PL. A empresa estudada encontra-se a cinquenta anos no mercado e é conhecida principalmente pela confecção de casacos em lã natural. No entanto, a alguns anos, com o crescimento nas vendas dos grandes magazines e com o fácil acesso a produtos importados, um material sintético foi acrescido a sua cartela de tecidos a fim de poder concorrer com estas empresas em questão de preço baixo com alta qualidade de confecção. Neste último ano, com o aumento na média da temperatura durante o inverno e com a redução na renda dos clientes finais, notou-se a necessidade de acrescentar tecidos mais leves e com preço mais acessível, mas ainda contando com a mesma qualidade de produção conhecida pelos seus clientes. Estes tipos de mudanças estratégicas são exemplos de como a PL pode ajudar a verificar a tendência de alguns produtos sempre verificando a maior lucratividade da coleção.

IV. CONCLUSÕES

A empresa pesquisada neste artigo é amplamente conhecida no sul do país por confeccionar produtos na linha de alfaiataria, principalmente em lã natural, com alta qualidade de produção e modelagem. Por ser uma organização com meio século de vida, passou por diversas fases econômicas e precisou adequar-se as modificações.

Outra característica da marca é um volume expressivo de modelos e cores lançados a cada coleção, o que vem sendo um diferencial de mercado. Em contrapartida, o número de itens acaba causando dificuldades no que diz respeito a assertividade na criação. Neste contexto, o artigo trouxe uma proposta de otimização de *mix* de produtos com o intuito de maximizar o lucro da empresa, apresentando uma ferramenta de decisão para auxiliar principalmente no planejamento estratégico.

Sendo assim, o estudo buscou avaliar a coleção de inverno 2018, trazendo os dados do lucro de cada produto e apontou as restrições do modelo, como o limite inferior e superior. O resultado trazido pela PL foi comparado com os valores da venda no mesmo período e assim pode-se verificar um incremento no lucro de 21,4%. Além do aumento expressivo no lucro da coleção, o modelo matemático evidenciou diversas informações que auxiliam no planejamento tático e estratégico da empresa, como por exemplo quantas e quais referências devem ser descontinuadas, qual tipo de produto está decaindo em vendas/lucro mostrando que o produto necessita modificações para se manter em vendas.

O ramo têxtil, principalmente o de confecção, possui concorrência global com margens de lucro apertadas e sofre constantes mudanças. A facilidade que a tecnologia traz atualmente aproxima o cliente final das empresas fornecedoras nacionais e internacionais, grandes empresas muitas vezes disputam mercado com empresas de pequeno porte. Todo este contexto de mercado faz com que as organizações precisem se reinventar e acompanhar seu planejamento com as mudanças constantes, tomando rápidas decisões.

O resultado da aplicação da PL mostrou efeitos bastante satisfatório e pode ser utilizado para a implementação de um sistema de gestão de vendas, acompanhamento e simulações de resultados antes que eles aconteçam. As áreas de criação e gestão serão as mais beneficiadas com a ferramenta pois terão um forte auxílio no planejamento da coleção sem tentar forçar a venda da forma de tentativa e erro e sem abandonar a forma empírica de trabalho que é utilizado até os dias atuais e que trouxeram sucesso para a empresa, pois a PL mostrará os resultados, mas ainda caberá a decisão aos especialistas por cada área.

Importante ressaltar que os resultados foram obtidos considerando um investimento nulo pois foram utilizados equipamentos e informações que a empresa já dispunha. A empresa ainda tem a liberdade de adaptar ao modelo a necessidade atual, acrescentando ou retirando restrições conforme for necessário. Além disso, a otimização de *mix* de produção pode ser considerado uma oportunidade de trabalhos futuros, buscando o resultado a curto prazo sendo aplicado, por exemplo, no planejamento e programação da produção. O

modelo matemático pode ser utilizado também na programação da produção acrescentando a restrição de matéria-prima disponível o programa pode mostrar quais os itens podem ser fabricados considerando desta vez o menor custo de produção possível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa no qual foi realizado o estudo, pelas informações cedidas e pelo amplo apoio e confiança no trabalho. Também agradecem a Universidade de Caxias do Sul por intermédio de seus mestres pelo conhecimento a nós fornecido.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] Maria Anita dos Anjos, "Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica na indústria têxtil brasileira nos anos 90", *Universidade Federal de Santa Catarina*, 2005.
- [2] Sandra Regina Rech, "Cadeia produtiva da moda: um modelo conceitual de análise da competitividade no elo confecção," *Universidade Federal de Santa Catarina*, 2006.
- [3] Frederick S. Hillier e Gerald J. Lieberman, "Introdução à pesquisa operacional," *Editora McGraw-Hill*, 8 ed., 2006.
- [4] Hamdy A. Taha, "Pesquisa operacional: uma visão geral," *Editora Pearson Prentice Hall*, 8 ed., 2008.
- [5] Gera Workie Woubante, "The Optimization Problem of Product Mix and Linear Programming Applications: Case Study in the Apparel Industry," *Open Science Journal*, 2017.
- [6] Juan Carlos Figueroa-Garcia, German Hernandez, "A method for solving linear programming models with interval type-2 fuzzy constraints", *Brazilian Operations Research Society*, V:34, 2014.
- [7] Leandro Corso and Mark Wallace, A hybrid method for transportation with stochastic demand, *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, v.18, n. 4, DOI: 10.1080/13675567.2015.1010494, 2015.
- [8] Matteo Cocetti, Andrea Serrani and Luca Zaccarian, Linear output regulation with dynamic optimization for uncertain linear over-actuated systems, *Automatica*, v. 97, DOI: 10.1016/j.automatica.2018.08.002, 2018.
- [9] Antoine Deza and Frédéric Meunier, Preface: Linear optimization, *Discrete Applied Mathematics*, v. 11, DOI: 10.1016/j.dam.2018.02.001, 2018.
- [10] Leandro Luis Corso and Herbert Martins Gomes, A Hybrid Method for Truss Mass Minimization considering Uncertainties, *Mathematical problems in Engineering*, DOI: 10.1155/2017/2324316, 2017.
- [11] Carmen Kar Hang Lee, A review of applications of genetic algorithms in operations management, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v.76, DOI: 10.1016/j.engappai.2018.08.011, 2018.
- [12] Vítor João Pereira Domingues Martinho, Interrelationships between renewable energy and agricultural economics: An overview, *Energy Strategy Reviews*, v. 22, DOI: 10.1016/j.esr.2018.11.002, 2018.