

APLICAÇÃO DO PROBLEMA DA ÁRVORE GERADORA MÍNIMA EM UMA EMPRESA PROVEDORA DE INTERNET

Thaís Maria do Nascimento Santana, UFG-RC, thaismnsantana@gmail.com

Rafael Rosa da Silva Guimarães, UFG-RC, rafaelrosa.gui@gmail.com

Gislene da Silva Fonseca, UFG-RC, gislene.n08@gmail.com

Lara Fernandes Gonçalves, UFG-RC, larafernandes95@hotmail.com

Stella Jacyszyn Bachega, UFG-RC, stella@ufg.br

Resumo: *A otimização em redes é uma das técnicas de pesquisa operacional que pode ser utilizada em uma gama de problemas empresariais. Dentre seus modelos, há o problema da árvore geradora mínima. Desse modo, o presente artigo tem por objetivo aplicar o problema da árvore geradora mínima em uma empresa que fornece sistemas de acesso, consultoria e sistemas para gerenciamento de provedores de Internet, localizada no sudeste goiano. Para tanto, foi adotada a abordagem de pesquisa quantitativa e o procedimento de pesquisa experimental, devido ao uso de modelagem matemática. O otimizador utilizado foi o LINGO® v.16.0. A partir dos resultados gerados pelo otimizador, foi possível definir a quantidade mínima de cabos a ser utilizada pela empresa. O presente trabalho contribuiu tanto para a área acadêmica quanto para a área empresarial, visto que a otimização em redes tem importância para as empresas e sua devida utilização pode trazer benefícios financeiros e competitivos para as mesmas.*

Palavras-chave: *otimização em redes, árvore geradora mínima, pesquisa experimental*

1. INTRODUÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) surgiu com a necessidade de encontrar a melhor caminho para solucionar problemas que tiveram aumento em sua complexidade, devido ao advento da Revolução Industrial. As primeiras atividades que receberam a denominação PO foram atividades militares, no período da Segunda Guerra Mundial, por existir uma necessidade de se alocar eficientemente os recursos limitados. A partir de então, a área de PO teve um crescimento devido às melhorias das técnicas/ferramentas-padrão e à revolução computacional (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A otimização em redes é um dos modelos da PO, e possui reconhecida importância, se olhada por uma ótica teórica e computacional, por sua estrutura e propriedades modeláveis. Destaca-se, também, por ser utilizada como meio de resolução de problemas reais de grandes proporcionalidades, onde as soluções ótimas contribuem para que a otimização em redes seja um importante estudo da programação matemática (COLIN, 2007).

Ainda, cabe ressaltar a característica interdisciplinar da PO. Como exemplos da interdisciplinaridade relacionada à otimização em redes, Arenales et al. (2007) destacam que uma grande variedade de problemas de PO podem ser resolvidas com este modelo, como: o projeto de uma rede de tubulações marítimas; a determinação do caminho mais curto entre duas cidades em uma rede rodoviária e a definição de um cronograma para atividades de um projeto de construção civil. Hillier e Lieberman (2013) citam, também, aplicações em projetos de redes de telecomunicações (redes de fibra ópticas, redes de computadores, entre outras). Tais variedades de problemas são encontrados, por exemplo, nos setores logísticos de empresas e englobam a movimentação de materiais e produtos que devem ser projetados com o intuito de controlar recursos escassos.

Um dos modelos apresentados pela otimização em redes é a árvore geradora mínima, que se caracteriza por conectar os nós de uma rede usando o comprimento mínimo de ramos conectores,

direta ou indiretamente (TAHA, 2008). Com a aplicação dessa técnica, as empresas de setores distintos podem ter benefícios indiretos como a redução de seus custos e, conseqüentemente, aumento de seus lucros ao longo do tempo.

Assim, a seguinte questão de pesquisa foi utilizada para guiar o trabalho: como aplicar o modelo da árvore geradora mínima em uma empresa que utiliza cabos de fibra óptica para distribuição de Internet? Salienta-se que os custos de operação de empresas desse ramo são impactados pelo comprimento de cabos utilizados, portanto, o ideal é minimizar o comprimento dos cabos utilizados.

Diante disso, o presente trabalho tem o objetivo de aplicar o problema da árvore geradora mínima em uma empresa que fornece sistemas de acesso, consultoria e sistemas para gerenciamento de provedores de Internet, localizada no sudeste goiano. Este trabalho justifica-se pela importância do tema, como pode ser visto em Alonso et al. (2009), Campos, Martins e Souza (2018), Contreras-Bolton et al. (2016), Hernandez, Frighetto e Mulati (2016), Marques (2017), Rese, Concatto e Teive (2018), Silva et al. (2015), entre outros.

Para um melhor entendimento, o presente trabalho está organizado da seguinte maneira: a seção dois apresenta a revisão bibliográfica; a seção três expõe a metodologia da pesquisa; a seção quatro possui os resultados e a discussão; e na seção cinco há as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção há a apresentação de conceitos e definições sobre otimização em redes e sobre o problema da árvore geradora mínima.

2.1. Otimização em Redes

A pesquisa operacional (PO) envolve “pesquisa sobre operações”, portanto é aplicada a problemas que compreendem a condução e o controle das operações/atividades em uma organização e tem sido utilizada com o intuito de solucionar problemas de áreas distintas como manufatura, transporte, construção civil, telecomunicações, planejamento financeiro, assistência médica, militar, serviços públicos e entre outras áreas (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Algumas das técnicas principais de PO são: Programação Linear; Programação Inteira; Programação Dinâmica; Programação não-linear e Otimização em Redes.

A Otimização em Redes caracteriza-se por ser um tipo especial de programação linear que fornece uma importante ferramenta para descrever as relações entre os componentes de sistemas (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). De acordo com Colin (2007), uma rede trata de um agrupamento ordenado de nós (vértices ou pontos de junção) e arcos (ramos, conexões ou ligações). Arenales et al. (2007) definem o termo rede como um grafo com nós e/ou arestas que possuem valores associados. Assim, ‘N’ trata de um conjunto finito com elementos denominados vértices ou nós; ‘E’ trata de um conjunto com pares de nós, onde as arestas são os elementos (i, j) ; o par ‘G’ = (N, E) é denominado grafo.

Os arcos são identificados nomeando-se nós em cada uma de suas extremidades. Os arcos de uma rede podem ter o fluxo determinado. Um arco é dito direcionado, caso o fluxo através deste for permitido apenas em uma direção, que é indicada pelo sentido de uma seta. Já em um arco não direcionado, o fluxo através deste é permitido em ambas as direções (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Hillier e Lieberman (2013) apresentam cinco tipos de problemas importantes em otimização de redes, a saber: o problema de fluxo de custo mínimo, que considera um custo (ou distância) para o fluxo por um arco. O problema de caminho mais curto, cujo objetivo é encontrar o caminho mais curto (distância total mínima) da origem ao destino. O problema de o fluxo máximo objetivo maximizar a quantidade total de fluxo do nó de origem para o escoadouro (nó onde o problema é

finalizado). O algoritmo de caminho crítico (CPM – *Critical Path Method*), que é adequado para um projeto que precisa ser concluído em um prazo específico. O problema da árvore geradora mínima busca conectar os nós de uma rede (direta ou indiretamente), por meio do uso de ramos conectores que gerem o comprimento total mais curto (TAHA, 2008). Este problema é tratado na próxima subseção.

2.2. Problema da Árvore Geradora Mínima

Colin (2007) define árvore geradora mínima como sendo árvores geradoras que possuem um comprimento mínimo e suas aplicações estão associadas à construção de redes de comprimento mínimo e também em ciclos. É possível observar problemas modelados de acordo com essa definição em exemplos como: redes de telecomunicações, redes de transporte como estradas e linhas férreas, projetos de redes de distribuição de água e esgoto, redes de distribuição de eletricidade, circuitos integrados, entre outros.

Segundo Arenales et al. (2007), o problema da árvore geradora mínima trata-se de um problema de interesse em grafos por estar presente em diversas aplicações práticas diretas ou em subproblemas de problemas mais substanciais.

O problema da árvore geradora mínima (ou árvore de expansão mínima), segundo Hillier e Lieberman (2013, p. 350), pode ser resumido da seguinte forma: i) há o fornecimento dos nós de uma rede e suas ligações potenciais e o comprimento positivo (medidas alternativas para comprimento são tempo, custo e distância); ii) ilustrar a rede adicionando ligações satisfatórias para a necessidade de que exista um caminho entre cada par de nós; iii) o objetivo da árvore geradora mínima é atender as necessidades do 'item ii' de forma a minimizar o comprimento total das ligações.

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), o algoritmo para o problema da árvore geradora mínima pode ser resolvido considerando primeiro a seleção de qualquer nó para começar. Assim, o estágio inicial compreende selecionar a ligação mais curta possível para outro nó desconectado. Posteriormente, verifica-se qual nó desconectado que está mais próximo de qualquer nó conectado e faz-se a ligação a ele, sendo que o procedimento se repete até que todos os nós estejam conectados. Caso haja empates na seleção de nós, deve-se resolver de forma arbitrária, sendo que o algoritmo ainda será capaz de prover uma solução ótima.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A abordagem de pesquisa quantitativa foi empregada neste trabalho, devido a forma como os dados foram coletados, tratados e analisados. Segundo Gil (1996), esta abordagem abrange as pesquisas com a possibilidade de quantificação, ou seja, há a possibilidade de transpor os números em informações e opiniões a fim de proceder com a análise e a classificação destes.

O procedimento de pesquisa utilizado foi o experimental, pois Bryman (1989) advoga que este procedimento é mais recomendado para abordagens quantitativas, além de também ser utilizado em modelagens matemáticas.

Para condução do estudo de pesquisa operacional seguiu-se os passos sugeridos por Hillier e Lieberman (2013, p.07): i) definição do problema e coleta dos dados; ii) formulação de um modelo matemático representativo do problema; iii) desenvolvimento de um procedimento computacional para solucionar do problema; iv) teste e aprimoramento do modelo, caso necessário; v) preparação para a aplicação contínua do modelo; vi) implementação. Salienta-se que os passos 'v' e 'vi' não foram implementados, pois fogem o escopo de discussão deste trabalho.

O procedimento de coleta de dados foi realizado em um período de duas semanas. Foram realizadas visitas ao local da empresa e contatos telefônicos, onde foram obtidas informações tais

como: a metragem suficiente de cabos para suprir as necessidades dos consumidores, as estações utilizadas e suas respectivas distâncias, podendo, assim, definir o modelo da rede formada no bairro estudado. Depois de obtidos os dados, tornou-se possível formular o problema de árvore geradora mínima.

O software usado para resolução do algoritmo foi o LINGO® 16.0 versão demonstração, que é um software de modelagem e otimização utilizado para resolver problemas como programação linear, não linear e inteira. A programação do modelo no referido otimizador seguiu as instruções dos autores Hillier e Lieberman (2013) e de LINDO SYSTEMS (2017). Vale destacar que o modelo foi dimensionado considerando as limitações do software LINGO® em sua versão demonstração.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Depois de realizada uma reunião com um dos representantes da empresa, foi possível analisar a possibilidade de aplicação de um dos problemas de otimização em redes, visando a minimização do comprimento total de cabo de fibra óptica utilizado para arranjo de uma determinada rede de distribuição de Internet. Salienta-se que, para a rede de distribuição funcionar, todas as estações devem estar de algum modo conectadas entre si, sem prejudicar a qualidade da conexão.

Com o objetivo do modelo determinado, foi selecionado um bairro onde a empresa presta serviço para este ser o objeto de estudo. Assim, foram estabelecidas oito estações de distribuição de Internet. As distâncias entre essas estações de distribuição são apresentadas na Tab.(1). Como pode ser visto, a distância entre EST1 (Estação de distribuição 1) até EST2 (Estação de distribuição 2) é de 531 metros.

Portanto, a Tab. (1) apresenta os dados referentes as distâncias entre as estações de distribuição estudadas (EST1, EST2, EST3, EST5, EST8), uma vez que todas as estações são conectadas entre si e direcionadas a partir de seu local à residência que utiliza o serviço de Internet da empresa em questão.

Tabela 1: Distância entre as estações de distribuição em metros (Fonte: Dados da pesquisa).

	EST1	EST2	EST3	EST5	EST8
EST1	-	531	587	-	-
EST2	531	-	-	817	1.213
EST3	587	-	-	823	1.189
EST5	-	817	823	-	467
EST8	-	1.213	1.189	467	-

Com o problema pré-determinado, foi elaborada uma rede com as estações ligadas as suas respectivas estações conectoras. A Fig. (1) apresenta a rede definida com as distâncias referentes as respectivas estações de distribuição de Internet.

A exposição do modelo computacional usado foi dividida em partes, de modo a facilitar a contextualização de cada passo representado no otimizador. O primeiro passo se inicia com a criação da seção SETS, como mostrado na Fig. (2), onde são atribuídos os grupos de objetos relacionados.

Logo, foram declarados os setnames, um com nome 'NO' que possui a variável declarada 'LISTA', e outro nomeado de 'ARCO', que contém 'DIST', referente a matriz de distâncias entre as estações, e a variável 'X' (referente a atribuição de seleção ou não de dado arco). O setname 'ARCO' cria uma relação entre os nós presentes na rede. Após as relações criadas, a seção SETS é finalizada com o comando ENDSETS. A Fig. (2) apresenta a primeira parte mencionada do modelo utilizado para resolução do problema.

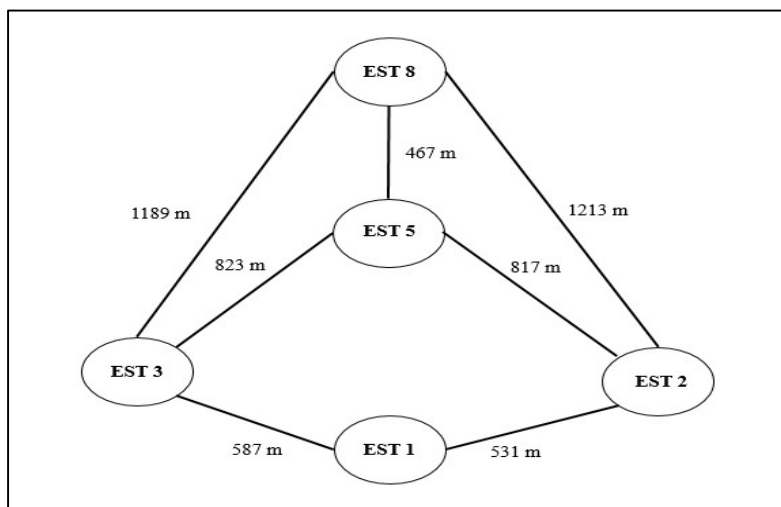


Figura 1: Cenário representado (Fonte: Dados da pesquisa)

```

SETS:
  NO :   LISTA;
  ARCO(NO, NO) : DIST, X;
ENDSETS
  
```

Figura 2: Lista de variáveis declaradas (Fonte: Dados da pesquisa)

Depois de elaborada a seção SETS, declara-se a seção DATA, exposta na Fig. (3). A seção DATA é responsável por ler os valores das constantes que foram definidas na seção anterior. Aqui foram inseridos os dados fornecidos pela empresa quanto as estações de distribuição de Internet e distâncias entre elas, já apresentadas na Fig. (1). Nota-se que houve a representação da lista de membros do setname NO (EST1, EST2, EST3, EST5 e EST8).

```

DATA:
  NO = EST1   EST2   EST3   EST5   EST8;
  DIST = 0     531    587    9999   9999
         531    0     9999   817    1213
         587   9999    0     823    1189
         9999  817    823    0     467
         9999 1213   1189   9999   0;
ENDDATA
  
```

Figura 3: Declaração das constantes (Fonte: Dados da pesquisa)

Ademais, as relações criadas entre os nós foram colocadas em forma de matriz. Quando existe uma relação entre um nó ligado a si mesmo, este recebe o valor 0. Este valor é atribuído por não existir a ligação entre um ponto e ele mesmo, enquanto que os nós que não possuem relação, ou seja, não estão ligados entre si, recebem o valor 9999. Já os nós que possuem ligação entre si, recebem os valores já representados na rede conforme a Fig. (1). Esta seção é finalizada com o comando ENDDATA.

Posteriormente, executou-se outro passo exposto na Fig. (4). Declarou-se 'N' para contabilizar o número de elementos presentes no conjunto nó (setname 'NO'), ou seja, conta quantos nós há na rede, por meio do comando @SIZE. O comando 'MIN' refere-se ao objetivo de minimizar o comprimento

total da rede, representado pelo somatório (@SUM) das distâncias ('DIST') dos arcos selecionados ('X'). A variável 'X' é binária, onde o valor 1 indicará que o arco foi selecionado e o valor 0 é para arco não selecionado.

```
N = @SIZE( NO );  
MIN = @SUM( ARCO: DIST * X );
```

Figura 4: Declaração de N e da função objetivo (Fonte: Dados da pesquisa)

A Figura 5 apresenta a criação de um laço de repetição para buscar algum modo de selecionar qual nó será somado na rede, comparando um nó antecessor com um sucessor. Há condicionais para o nó K e para o nó I, sendo que K deve ser maior que o primeiro nó, representado pelo valor 1 e o nó I deve ser diferente de K, representando que I é o nó de entrada. O somatório de X(I, K) deve ser igual a 1 (arco selecionado). Ainda, o nó J deve ser diferente de K. Se há a possibilidade de um arco saindo de J para K, o nível (lista) de K é representado pelo nível de J acrescido de 1. Deste modo, o nível de K deve ser maior ou igual a expressão apresentada na Fig. (5), sendo que o nó 1 deve ser de nível 0.

```
@FOR( NO( K) | K #GT# 1: @SUM( NO( I) | I #NE# K: X( I, K) ) = 1;  
@FOR( NO( J) | J #NE# K: LISTA( K) >= LISTA( J) + X( J, K)  
- ( N - 2 ) * ( 1 - X( J, K) ) + ( N - 3 ) * X( K, J); );  
LISTA( 1) = 0;
```

Figura 5: Criação de laços de repetição (Fonte: Dados da pesquisa)

Por fim, foi feita a escolha dos arcos entre dois nós, onde, o selecionado foi apenas o que apresenta o menor comprimento. Essa parte final da programação é representada na Fig. (6), e carrega também o comando @BIN que admite que a variável X, do tipo binária, receber apenas valores 1 ou 0, para selecionar os arcos. Assim, o nível de NO, exceto a base, é pelo menos 1 e no máximo N-1, assumindo o valor de caso o arco seja ligado ao nó base (primeiro selecionado). Considerou-se o valor 9999 para que o modelo fique arrumado para vários valores possíveis de N. O nível de K, para o intervalo de valores considerados, deve ser menor ou igual ao cálculo especificado. Essa lógica é realizada para que o primeiro ponto seja considerado. Ademais, o último NO não é considerado (o cálculo vai até N-1).

```
@SUM( NO( J) | J #GT# 1: X( 1, J) ) >= 1;  
@FOR( ARCO: @BIN( X); );  
@FOR( NO( K) | K #GT# 1: @BND( 1, LISTA( K), 9999);  
LISTA( K) <= N - 1 - ( N - 2 ) * X( 1, K); );
```

Figura 6: Possíveis valores para N (Fonte: Dados da pesquisa)

Os resultados obtidos no otimizador LINGO® estão mostrados na Tab. (2). Nota-se que o valor obtido para a função objetivo foi de 2.402 metros de cabo de fibra óptica, que representa o comprimento mínimo possível, de modo a não prejudicar a qualidade de distribuição. Os arcos selecionados que formarão a árvore geradora mínima apresentam o valor 1, enquanto que os não selecionados apresentam o valor 0, que podem ser visualizados na coluna 2. Os valores correspondentes as distâncias dos arcos selecionados, são apresentados na coluna 3.

Tabela 2: Resultados obtidos no LINGO® (Fonte: Dados da pesquisa).

Variável	Valor (0 ou 1)	Distância (m)
X(EST1, EST1)	0.000000	0.000000
X(EST1, EST2)	1.000000	531.0000
X(EST1, EST3)	1.000000	587.0000
X(EST1, EST5)	0.000000	9999.0000
X(EST1, EST8)	0.000000	9999.0000
X(EST2, EST1)	0.000000	531.0000
X(EST2, EST2)	0.000000	0.000000
X(EST2, EST3)	0.000000	9999.0000
X(EST2, EST5)	1.000000	817.0000
X(EST2, EST8)	0.000000	1213.0000
X(EST3, EST1)	0.000000	587.0000
X(EST3, EST2)	0.000000	9999.0000
X(EST3, EST3)	0.000000	0.000000
X(EST3, EST5)	0.000000	823.0000
X(EST3, EST8)	0.000000	1189.0000
X(EST5, EST1)	0.000000	9999.0000
X(EST5, EST2)	0.000000	817.0000
X(EST5, EST3)	0.000000	823.0000
X(EST5, EST5)	0.000000	0.000000
X(EST5, EST8)	1.000000	467.0000
X(EST8, EST1)	0.000000	9999.0000
X(EST8, EST2)	0.000000	1213.0000
X(EST8, EST3)	0.000000	1189.0000
X(EST8, EST5)	0.000000	9999.0000
X(EST8, EST8)	0.000000	0.000000
Comprimento total:		2402.000

Após uma análise dos relatórios fornecidos pelo LINGO®, foi possível determinar a árvore geradora mínima, como é mostrado na Fig. (7).

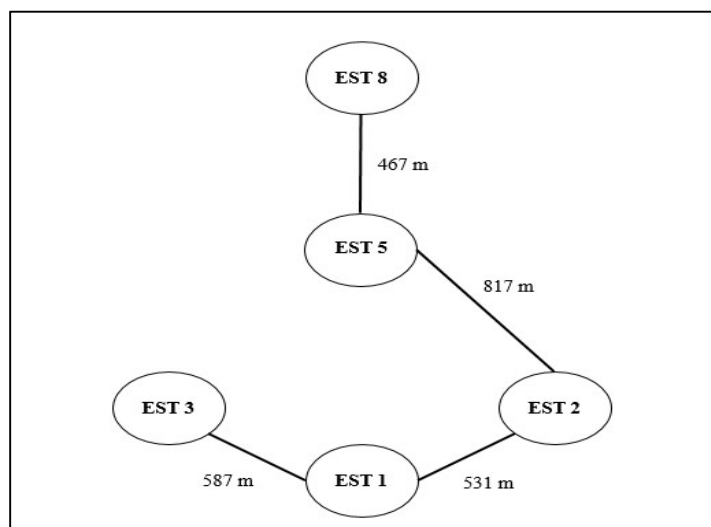


Figura 7: Árvore geradora mínima (Fonte: Dados da pesquisa)

Na Figura 7, são representadas as ligações entre as estações que venham a se encaixar no objetivo de minimização da quantidade de fibra óptica utilizada. Cabe ressaltar que, na prática, estações com quantidades maiores de entrada para novos clientes serão necessárias, pois o atendimento para novos clientes não é suportado somente pelas estações presentes na árvore geradora mínima. Contudo, conforme informação passada pela empresa onde foi realizado o presente trabalho, foi reconhecida a utilidade do algoritmo apresentado para auxílio no processo decisório.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou um problema de otimização em redes, mais especificamente o problema da árvore geradora mínima, em uma empresa que fornece sistemas de acesso, consultoria e sistemas para gerenciamento de provedores de Internet, localizada no sudeste goiano. A pesquisa focou na minimização do comprimento de cabos de fibras ópticas que ligam algumas estações de distribuição. Os resultados apresentados foram fornecidos pelo relatório gerado pelo software LINGO[®]. O comprimento mínimo total encontrado foi de 2.402 metros. Portanto, o objetivo almejado foi alcançado.

O presente trabalho contribuiu para a área acadêmica, ao divulgar uma aplicação prática do problema da árvore geradora mínima, e para a área empresarial, visto que a otimização em redes tem grande importância para as empresas do mesmo ramo ou ramos semelhantes, e sua utilização pode trazer benefícios financeiros e competitivos para as mesmas. Salienta-se que o comprimento total utilizado de cabo pode impactar na redução dos custos de materiais na distribuição de Internet, caso haja a aplicação dos resultados encontrados.

Como sugestão para futuros estudos, tem-se a aplicação da mesma técnica de pesquisa operacional considerando o cenário completo da empresa estudada e, também, a aplicação em outras empresas que atuem no setor de telecomunicações.

6. REFERÊNCIAS

ALONSO, S.; DOMÍNGUEZ-RÍOS, M. A.; COLEBROOK, M.; SEDEÑO-NODA, A. Optimality conditions in preference-based spanning tree problems. *European Journal of Operational Research*, v. 198, n. 1, p. 232-240, 2009.

ARENALES et al. *Pesquisa Operacional*. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BRYMAN, A. *Research methods and organization studies*. London: Uniwin Hyman, 1989.

CAMPOS, J. C. T.; MARTINS, A. X.; SOUZA, M. J. F. A hybrid VNS algorithm for solving the multi-level capacitated minimum spanning tree problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, v. 66, p. 159-166, 2018.

COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro: LCT, 2007.

CONTRERAS-BOLTON, C.; GATICA, G.; BARRA, C. R.; PARADA, V. A multi-operator genetic algorithm for the generalized minimum spanning tree problem. *Expert Systems with Applications*, v. 50, p. 1-8, 2016.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

HERNANDES, F.; FRIGHETTO, L. F.; MULATI, M. H. O uso da dominância no problema da árvore geradora mínima com parâmetros fuzzy. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 18, n. 1, p. 31-54, 2016.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

LINDO SYSTEMS. LINGO: the modeling language and optimizer. 2017. 961 p. Disponível em: <<https://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

MARQUES, T. S. Hibridização de algoritmos exatos e meta-heurísticas para o problema da árvore geradora quadrática em adjacência de arestas biobjetivo. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RESE, A. L. R.; CONCATTO, F.; TEIVE, R. C. G. Análise de Algoritmos da Árvore Geradora Mínima para o Problema de Reconfiguração de Redes de Distribuição. Revista de Informática Aplicada, v. 13, n. 2, 2018.

SILVA, M. A. S. et al. Regionalização da área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros a partir do algoritmo SKATER. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

TAHA, H. A. Pesquisa Operacional: uma visão geral. Tradução de Arlete Simille Marques. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.