

MAPEAMENTO DA UTILIZAÇÃO DOS MÉTODOS/ALGORITMOS APLICADOS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Taciana Mareth^{a*}, Nélio Domingues Pizzolato^a

^aPontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) – Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Resumo

O objetivo geral deste estudo consiste em mapear a utilização dos métodos/algoritmos aplicados na resolução de problemas de localização nos trabalhos apresentados no Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, SBPO, no período de 10 anos - 2002 a 2011. Primeiramente, a partir da população de 2.788 artigos publicados nas 10 edições, buscaram-se, por meio de consulta aos anais de cada evento, trabalhos com as seguintes palavras-chave: problemas de localização, p-centros e p-medianas. Com uma amostra resultante de 89 artigos, todas listadas ao final deste, foram identificados os métodos/algoritmos e, em seguida, por meio da análise de conteúdo, interpretaram-se os dados. Na maioria dos artigos, seus autores asseguram que os resultados foram satisfatórios; os métodos/algoritmos mais utilizados nos estudos da amostra foram: o algoritmo genético (AG), a metaheurística GRASP e o branch-and-bound. Além disso, o presente estudo apresenta uma lista das instituições a que pertencem os autores.

Palavras-Chave: Localização. Algoritmos. Mapeamento de métodos.

Abstract

The objective of this study is to survey the use of methods/algorithms applied to the solution of location problems in papers presented along the last 10 years – 2002 through 2011 in the Brazilian Symposium of Operations Research, SBPO. Initially, considering the universe of 2,788 articles published in these 10 proceedings, a search was made for the following keywords: location problem, p-centers and p-medians. The search produced a sample of 89 articles in which methods and algorithms employed have been identified. Next, through evaluation of contents, data have been interpreted. In the majority of the studies their authors assert that the results were satisfactory; the methods or algorithms more extensively used in the studies included in the sample have been: the genetic algorithm, the GRASP metaheuristic and the branch-and-bound. In addition, this study presents a list of the institutions that patron the researchers.

Keywords: Location. Algorithms. Methods mapping.

*Autor para correspondência: e-mail: tacianamareth@yahoo.com.br

1. Introdução

Os métodos e técnicas da Pesquisa Operacional (PO) são ferramentas importantes na solução de problemas de engenharia e de planejamento. Tais ferramentas encontram aplicação crescente nos diversos setores da economia, sendo que vários exemplos podem ser encontrados no Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), um fórum da mais elevada respeitabilidade, onde se apresentam, desde 1968, cerca de 300 artigos anualmente.

Dentro da Pesquisa Operacional existem inúmeras áreas de interesse e, dentre elas, os problemas de localização. Esses problemas “tratam de decisões sobre onde instalar unidades de serviço ou, simplesmente, facilidades, supondo que os demandantes, ou clientes, devem ser atendidos de forma a otimizar algum critério” (DREZNER, 1995).

“Conceitualmente, o problema de localização é mais abrangente do que determinar a localização de facilidades, pois do ponto de vista da logística, outros aspectos costumam ser colocados como, por exemplo, a quantidade, a capacidade, a funcionalidade, o serviço ao cliente, as fontes de abastecimento, as regiões de atendimento etc.” (PIZZOLATO, RAUPP e ALZAMORA, 2012, p. 14).

A escolha da localização dessas facilidades (escolas, lojas, postos de saúde, depósitos etc.) é uma das decisões estratégicas mais importantes realizadas pelos gestores das empresas e, caso esta escolha seja mal feita, pode ser bastante difícil voltar atrás. Desta forma, para auxiliar no processo de tomada de decisão, esses problemas de localização são objeto de modelagem matemática e solucionados por meio de diversos recursos computacionais.

Esses modelos “são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada” (GOLDBARG e LUNA, 2005). Para resolver estes problemas de localização são utilizados vários métodos/algoritmos e, geralmente, nessas aplicações, a viabilidade, tanto computacional

quanto da formulação do problema, são avaliadas. Assim, o desafio consiste em escolher um método/ algoritmo adequado para a resolução de cada problema, mas que também apresente viabilidade computacional.

Neste contexto, o objetivo geral deste estudo fundamenta-se em mapear a utilização dos métodos/ algoritmos aplicados na resolução dos problemas de localização de modo a também identificar os mais utilizados, os setores em que são aplicados e as instituições que mais publicam. Foram encontrados e utilizados 89 artigos, enumerados na bibliografia, cujas características são aqui descritas e classificadas.

Para tanto, este estudo está dividido em quatro seções. A seção 2 discute a metodologia da pesquisa, a seção 3 faz a análise dos resultados e a seção 4 elabora algumas conclusões.

2. Metodologia da pesquisa

Esta seção apresenta a metodologia deste estudo, destacando a classificação, o plano de coleta de dados, as limitações da pesquisa e a interpretação dos dados.

2.1 Classificação

Classifica-se o presente estudo como documental e descritivo. Para a realização desta pesquisa foram selecionados, por meio da observação, artigos do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional no período de 2002 a 2011. Neste contexto, esta pesquisa classifica-se como documental, pois, conforme Martins e Theóphilo (2009, p. 55), são aquelas que “empregam fontes primárias e que ainda não foram objeto de análise”.

As pesquisas descritivas “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou o estabelecimento de relações entre as variáveis” (GIL, 2009, p. 28). Neste caso, a presente pesquisa descreve a utilização dos métodos/ algoritmos que foram aplicados na resolução de problemas de localização.

Por outro lado, embora o tema localização esteja presente em todo fórum vinculado à gestão e operação de recursos, o SBPO seria aquele, a nosso ver, com maior autoridade e pertinência ao tema.

2.2 Planos de Coleta e de Análise e Interpretação dos Dados

Para atingir o objetivo proposto neste estudo, qual seja, mapear a utilização dos métodos/algoritmos aplicados na resolução de problemas de localização, primeiramente, realizou-se um mapeamento dos artigos do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional num período de 10 anos (2002 a 2011).

A partir da população de artigos publicados, selecionaram-se, por meio dos mecanismos de busca nos anais de cada evento, artigos com as seguintes palavras-chave: problemas de localização, p-centros e p-medianas. Os artigos que não se encontravam na íntegra nos anais dos eventos foram excluídos da amostra, pois não apresentavam todas as informações necessárias.

A respectiva população e amostra deste estudo estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Identificação da população e amostra no período de 2002 a 2011

Identificação dos artigos	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
População (artigos publicados)	199	222	283	303	283	317	327	268	348	238	2788
Amostra (identificada pelas palavras-chave)	7	10	8	12	7	8	8	7	13	9	89

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que a amostra total foi de 89 artigos, sendo que no ano de 2010 foi observada a maior quantidade – 13 artigos. A partir desta amostra, procedeu-se à análise e interpretação dos dados, tendo a análise de conteúdo como base. Segundo Martins e Theóphilo (2009, p. 98), a análise de conteúdo “pode ser aplicada virtualmente a qualquer forma de comunicação: artigos da imprensa, livros, material divulgado em sites institucionais etc.”.

Os mesmos autores afirmam que: “geralmente a aplicação desta técnica acontece após, ou em conjunto, com uma pesquisa documental [...]” e “envolve duas etapas: o inventário (isolamento das unidades de análise: palavras, temas, etc.) e a classificação das unidades comuns, revelando as categorias (colocação em gavetas)”.

A partir dos 89 artigos selecionados, foi realizada a análise de conteúdo, ou seja, uma leitura individual de cada artigo, onde se coletaram as informações referentes a: setor/amostra, ano, instituições, objeto do estudo da localização, métodos/algoritmos e os principais resultados de aplicação dos métodos/algoritmos. Cabe registrar que, em boa parte dos artigos, o item setor/amostra não foi identificado de forma clara e, portanto, a classificação foi realizada pelos próprios autores deste estudo.

Posteriormente, a partir desse mapeamento/coleta das variáveis, os métodos/algoritmos foram analisados, de modo a também identificar os mais utilizados e seu relacionamento com os setores e as instituições que mais publicam. Por fim, foram elaborados Quadros e Figuras de modo a demonstrar essas relações.

3. Interpretação e análise dos resultados

Esta seção apresenta a interpretação e análise dos resultados deste estudo. Para atingir o objetivo proposto de mapear a utilização dos métodos/algoritmos aplicados na resolução de problemas de localização, ela está dividida em duas subseções: identificação da amostra e mapeamento dos métodos/algoritmos.

3.1 Identificação da amostra

Esta subseção descreve a amostra dos 89 artigos do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional no período analisado – 2002 a 2011. No Quadro 2 apresenta-se a quantidade de artigos na amostra distribuídos por setores/amostra.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 2. Distribuição por setores/amostras de aplicação

Setor/Amostra	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total	%
Administração Pública	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	3	3,4
Agricultura	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2	4	4,5
Comunicação	-	3	3	1	1	1	1	-	1	-	11	12,4
Educação	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	4	4,5
Energia Elétrica	-	-	1	1	1	2	1	-	3	-	9	10,1
Espaço Aéreo	-	1	-	1	1	1	1	1	1	-	7	7,9
Farmácias	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1,1
Indústria de esmagamento de soja	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1,1
Indústria de aves	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1,1
Logística reversa de pneus	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1,1
OR-Library	-	1	-	2	-	-	1	1	-	-	5	5,6
Petróleo e Gás	1	1	-	2	-	-	-	-	1	-	5	5,6
Resíduos sólidos	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1,1
Saúde	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2,2
Segurança Pública	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	2	2,2
Siderurgia	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,1
Terminais Marítimos	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	2,2
Transporte (Aéreo, privado e público)	-	-	-	-	-	2	1	-	1	-	4	4,5
Não mencionado	2	1	1	3	1	1	1	-	1	-	11	12,4
Outros	-	-	-	1	2	-	1	3	1	4	12	13,5
Instâncias disponíveis na literatura	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2,2
Total	7	10	8	12	7	8	8	7	13	9	89	100,0

Fonte: Dados da pesquisa

No Quadro 2, observa-se que, do total da amostra (89 artigos), as maiores aplicações dos problemas de localização foram no setor/amostra de comunicação (12,4%), energia elétrica (10,1%), espaço aéreo (7,9%), petróleo e gás e *OR-Library* (ambos com 5,6%). Evidencia-se que, em 12,4% (11 artigos), não foram identificados os setores/amostra da aplicação; em 2,2% (2 artigos), foram utilizadas instâncias disponíveis na literatura, porém os autores não mencionaram quais.

Apresentam-se no Quadro 3 todas as instituições vinculadas aos autores dos artigos da amostra desta pesquisa, num total de 231 instituições para o período analisado. Observa-se que as maiores participações são da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Estadual Paulista, ambas com 9,5%, seguidas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e da Universidade Federal Fluminense, com 9,1% e 6,9%, respectivamente.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 3. Instituições dos autores dos artigos

Instituições	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total	%
Centro de Estudos de Alimentos Processados-CEAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,4
Centro de Guerra Eletrônica - COMGAR - Brasília	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	0,4
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	6	2,6
Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	3	1,3
Centro Técnico Aeroespacial (CTA) - São José dos Campos	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1,7
Centro Universitário de Belo Horizonte	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3	1,3
Escola Municipal Planalto dos Pinheiros - PR	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,4
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,4
Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	0,9
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	3	1,3
Instituto Militar de Engenharia - RJ	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	1,3
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	2	2	-	2	3	3	1	1	5	2	21	9,1
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - SP	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,4
Instituto de Estudos Avançados (IEAv)	-	-	-	-	-	-	3	2	2	-	7	3,0
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	2	-	-	1	-	2	-	-	-	6	11	4,8
Petrobrás	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,4
Universidade Candido Mendes	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	5	2,2
Universidade Católica de Goiás	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,4
Universidade de Campos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,4
Universidade de Coimbra	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	0,9
Universidade de Fortaleza	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	0,9
Universidade de Passo Fundo	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	3	1,3
Universidade de São Paulo	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	4	1,7
Universidade de Talca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,4
Universidade de Taubaté	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0,4
Universidade do Vale do Rio dos Sinos	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,9
Universidade Estadual de Campinas	1	-	-	-	-	6	3	-	-	-	10	4,3
Universidade Estadual do Norte Fluminense	-	-	2	1	-	-	3	-	-	-	6	2,6
Universidade Estadual Paulista	3	4	2	4	1	-	1	1	5	1	22	9,5
Universidade Estadual do Ceará	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	5	2,2
Universidade Federal da Paraíba	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	3	1,3
Universidade Federal de Alagoas	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,4
Universidade Federal de Minas Gerais	-	6	2	-	-	-	-	3	3	-	14	6,1
Universidade Federal de Pernambuco	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	0,9
Universidade Federal de Roraima	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,4
Universidade Federal de Santa Maria	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	0,4
Universidade Federal de São Carlos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0,4
Universidade Federal de Viçosa	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	4	1,7
Universidade Federal do Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	1,7
Universidade Federal do Ceará	3	-	-	5	-	-	2	-	-	-	10	4,3
Universidade Federal do Espírito Santo	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3	1,3
Universidade Federal do Rio de Janeiro	2	4	4	10	-	-	-	-	2	-	22	9,5
Universidade Federal do Paraná	-	-	-	-	4	1	1	-	1	-	7	3,0
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	2,2
Universidade Federal Fluminense	-	2	-	2	-	-	-	6	4	2	16	6,9
Universidade Técnica Federico Santa María	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	1,3
Total	16	26	18	35	15	21	18	18	36	28	231	100,0

Fonte: Dados da pesquisa

Após a identificação de alguns itens da amostra da pesquisa, procedeu-se à identificação e ao mapeamento dos métodos/algoritmos.

3.2 Identificações dos métodos/algoritmos em cada setor/amostra

Aqui são identificados os métodos/algoritmos em cada setor/amostra deste estudo. No Quadro 4 estão as quantidades de métodos/algoritmos que cada estudo utilizou para solucionar os problemas de localização.

Quadro 4. Quantidade de métodos/algoritmos utilizados em cada artigo

Setor/Amostra	Quantidade de Método/Algoritmos utilizados em cada artigo		
	1	2	3
Administração Pública	3	-	-
Agricultura	3	1	-
Comunicação	8	2	1
Educação	3	1	-
Energia Elétrica	4	5	-
Espaço Aéreo	7	-	-
Estacionamento rotativo e regulamentado	-	-	1
Farmácias	1	-	-
Indústria de esmagamento de soja	-	1	-
Indústria de aves	1	-	-
Logística reversa de pneus	1	-	-
OR-Library	3	-	2
Petróleo e Gás	4	-	1
Resíduos sólidos	1	-	-
Saúde	2	-	-
Segurança Pública	1	1	-
Siderurgia	1	-	-
Terminais Marítimos	-	2	-
Transporte (Aéreo, privado e público)	1	1	2
Não mencionado	9	2	-
Outros	5	3	3
Instâncias disponíveis na literatura	2	-	-
Total	60	19	10

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se, no Quadro 4, que em 60 artigos (67,4% da amostra) foram utilizados somente um método/algoritmo para a resolução dos problemas de localização, enquanto que, a combinação de dois e três métodos/algoritmos foi apresentada em 19 e 10 artigos, ou seja, em 21,4% e 11,2% da amostra, respectivamente.

Após essa identificação, evidenciam-se os métodos/algoritmos mais utilizados para a resolução dos problemas de localização, conforme está ilustrado na Figura 1.

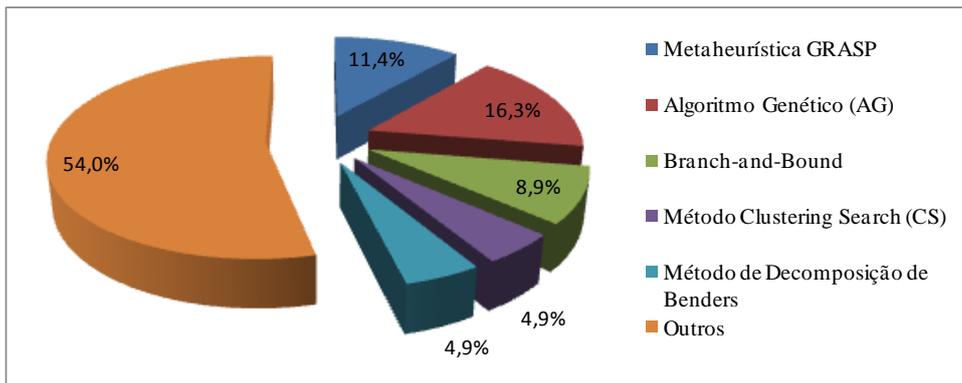


Figura 1. Métodos/algoritmos mais utilizados
 Fonte: Dados da pesquisa

3.3 Mapeamento dos métodos/algoritmos para os setores com maior aplicação

Esta subseção apresenta um mapeamento dos métodos/algoritmos para os setores/amostras que tiveram as maiores aplicações dos problemas de localização, quais sejam: comunicação, energia elétrica, espaço aéreo, petróleo e gás e *OR-Library*.

Com o intuito de analisar os métodos/algoritmos, relacionados com esses setores/amostras e alguns resultados na aplicação, foram elaborados os Quadros 5 a 9. No Quadro 5, por exemplo, apresentam-se detalhes dos 11 trabalhos identificados, juntamente com os métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de comunicação.

Quadro 5. Métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de comunicação

Autor	Localização de	Método/Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Hoffmann e Gómez (2003)	Antenas	Heurísticas Localização-Alocação e Pesquisa Tabu	"[...] o desempenho do algoritmo baseado em Pesquisa Tabu mostrou-se superior, resultando em tempos de processamento menores do que o algoritmo baseado na Heurística de Localização-alocação" (p. 1547).
Miranda, Ferreira e Luna (2003)	Componentes eletrônicos	Algoritmo genético	"É possível obter soluções de boa qualidade do ponto de vista de atribuição e também do ponto de vista térmico quando do projeto de sistemas eletrônicos, garantindo eficiência em nível competitivo e maior confiabilidade do item projetado, uma vez realizada a adequada modelagem do problema" (p. 1587).

Quadro 5. Métodos/ algoritmos utilizados no setor/ amostra de comunicação (Continuação)

Autor	Localização de	Método/ Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Maia e Mello (2003)	Estação rádio base	Método MACBETH (<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>)	"O uso de métodos ordinais antes do método MACBETH permite reduzir uma das desvantagens dos métodos da escola americana. Estes métodos são totalmente compensatórios e nem sempre o decisor admite tal situação. O uso dos métodos conjuntivo permite eliminar as alternativas para as quais a compensação de algum critério não é admissível" (p. 2595).
Brito e Xavier (2004)	Estação rádio base	Algoritmo de suavização hiperbólica	"[...] solução final é obtida pela solução de uma sequencia de subproblemas diferenciáveis que gradualmente aproximam-se do problema original [...]" (p. 1904).
Dias <i>et. al.</i> (2004)	Servidores	Cplex 7	"[...] permitiu a solução de instâncias de larga escala em tempo computacional aceitável" (p. 1688).
Ignácio, Galvão e Ferreira Filho (2004)	Concentradores e roteadores	Busca tabu	"A complexidade evidenciada pela dificuldade na resolução de problema de médio porte com o uso do CPLEX, mostra a importância do desenvolvimento da Heurística de Busca Tabu, que apresentou bons <i>Gaps</i> , para os problemas testados" (p. 1435).
Brito, Montenegro e Brito (2005)	Estação rádio base	GRASP, algoritmo genético, busca em vizinhança variável (VNS)	"Em conclusão, dos três algoritmos heurísticos [...], pudemos observar um melhor desempenho, para as instâncias consideradas, do algoritmo GRASP-F" (p. 1293).
Arroyo e Marques (2006)	Antenas de telecomunicações	Duas heurísticas baseadas na metaheurística GRASP: GRASP1 e GRASP2	"Os resultados computacionais mostraram que a heurística GRASP2 foi bastante superior que a versão básica GRASP1" (p. 1355).
Marques, Arroyo e Vianna (2007)	Antenas de telecomunicações	Metaheurísticas GRASP e Algoritmo Genético	"[...] a heurística GRASP e o Algoritmo Genético geraram as melhores soluções em 15 e 23 problemas, respectivamente. A melhoria média obtida pelo Algoritmo Genético com relação à heurística GRASP, nos 42 problemas, foi de 0.62%" (p. 1576).
Siliprande, Cortes e Brandão (2008)	Antenas de transmissão para <i>internet</i> a rádio	Algoritmo Genético	"Pretende-se validar o modelo de localização de antenas proposto utilizando Algoritmo Genético" (p. 1696).
Silva, Senne e Vijaykumar (2010)	Clientes da rede – os <i>Access Points</i> , ou APs, também classificados como roteadores	Algoritmo que elabora o planejamento da rede <i>mesh</i> , levando em conta um parâmetro de QoS: a taxa de perda de pacotes	"Os estudos de QoS em redes <i>mesh</i> ainda necessita de um aprofundamento, já que serviços multimídia na <i>Internet</i> estão sendo cada vez mais utilizados" (p. 2746).

Fonte: Dados da pesquisa

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

No setor de comunicação os métodos/algoritmos mais utilizados foram a metaheurística GRASP e algoritmo genético – 3 aplicações de cada. Além desta, os outros métodos/algoritmos utilizados para resolver os problemas de localização foram: busca tabu, método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), algoritmo de suavização hiperbólica, Cplex 7.0 e o algoritmo que elabora o planejamento da rede *mesh*.

Evidencia-se que, com exceção do estudo de 2008 – que validará o modelo utilizando o algoritmo genético - em todos os artigos, os resultados alcançados foram considerados por seus autores como satisfatórios na aplicação dos métodos/algoritmos. Por exemplo, no Quadro 5, Marques, Arroyo e Vianna (2007), afirmam que

“na abordagem do problema procurou-se aproximar mais a situações reais onde em muitos casos é desconhecido o número de facilidades a serem instaladas e tem-se a presença de obstáculos interferentes. [...] Os resultados computacionais mostram que as heurísticas são capazes de gerar boas soluções aproximadas”
(MARQUES, ARROYO e VIANNA, 2007, p. 12).

No Quadro 6 apresentam-se os métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de energia elétrica, um total de 9 trabalhos.

Quadro 6. Métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de energia elétrica

Autor	Localização de	Método/ Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Miasaki e Romero (2004)	Linhas de transmissão e/ou transformadores defasadores	Algoritmo genético	"Os resultados das simulações mostram o potencial do modelo matemático e do algoritmo evolutivo proposto para resolver o problema" (p. 1400).
Leão, Silva e Mantovani (2005)	Defeitos em Sistemas de Energia Elétrica	Algoritmo genético	"[...] através dos resultados obtidos verifica-se a robustez e eficiência do algoritmo" (p. 1247).
Costa, Costa e Góez (2006)	Regiões de atendimento	Método Exato e Método Heurístico - algoritmo genético	"Os resultados obtidos neste trabalho mostraram-se satisfatórios tanto para o método exato quanto para o heurístico, pois os novos agrupamentos sugeridos mostraram-se mais eficientes do que os vigentes, determinados manualmente e de maneira empírica" (p. 961).
González, Cavellucci e Lyra Filho (2007)	Reguladores de tensão	Algoritmo guloso e um algoritmo memético	"Na primeira fase é definida uma solução factível do problema. Esta solução é melhorada na segunda fase pela aplicação de um algoritmo evolutivo, em particular um algoritmo memético. [...] A metodologia mostrou-se promissora, observando a boa qualidade dos resultados obtidos quanto os níveis de tensão" (p. 535).
França <i>et.al.</i> (2007)	p lotes de faturamento	Dois métodos: Ahmadi & Osman (2005) - combinação de GRASP (Feo & Resende, 1989) com <i>Adaptive Memory Programming</i> – AMP (Glover , 1997) e Osman & Christofides (1994)	"Os resultados apresentados sugerem que há um certo compromisso entre eficiência e tempo computacional quando são comparados os métodos propostos por Ahmadi & Osman (2005) e Osman & Christofides (1994)" (p. 1282).
Queiroz, Cavellucci e Lyra Filho (2008)	Transformadores	Algoritmo guloso	"A metodologia apresentada pode ser usada para auxiliar no desenvolvimento dos algoritmos relacionados aos estudos anteriormente comentados" (p. 412).
Leite, Mathias Neto e Mantovani (2010)	Chaves seccionadoras em redes primárias de distribuição	Processo heurístico juntamente com um sistema Fuzzy e a metaheurística GRASP	"O método proposto pode ser utilizado para alocação de chaves seccionadoras em redes reais com diferentes topologias e dimensões" (p. 740).
Rocha, Souza e Coutto Filho (2010)	Medidores em redes elétricas	Metaheurística colônia de formigas e heurística construtiva	"O método proposto apresentou excelente desempenho, tendo sido capaz de obter soluções de excelente qualidade em tempos computacionais reduzidos" (p. 751).
Souza, Oliveira e Geus (2010)	Localização e a potência do capacitor para melhorar o nível de tensão do sistema elétrico	PLIM - Programação Linear Inteira Mista	"Os estudos de caso demonstraram a validade da formulação adotada, apresentando desvios considerados adequados para atender o propósito do modelo" (p. 891).

Fonte: Dados da pesquisa

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Observa-se que três métodos/algoritmos foram utilizados de forma repetida: algoritmo genético em 2004 e 2005, algoritmo guloso em 2007 e 2008 e, GRASP em 2007 e 2010. Apesar de serem aplicados no mesmo setor – energia elétrica (Quadro 6), a maioria dos artigos utilizaram métodos/algoritmos diferentes para resolver os problemas de localização, sendo: método exato, algoritmo genético, algoritmo memético, fuzzy, metaheurística colônia de formigas, dentre outros.

Evidencia-se que todos obtiveram resultados satisfatórios na aplicação dos métodos/algoritmos. Por exemplo, no primeiro estudo de 2010 (Quadro 6), Leite, Mathias Neto e Mantovani (2010) comentam que o algoritmo apresentou robustez e alto desempenho computacional. Além disso, afirmam que

“os testes realizados além de possibilitar checar as funcionalidades existentes no procedimento proposto, também permitiram verificar uma característica importantíssima em qualquer algoritmo de otimização: a generalidade. O método proposto pode ser utilizado para alocação de chaves seccionadoras em redes reais com diferentes topologias e dimensões” (LEITE, MATHIAS NETO e MANTOVANI, 2010, p. 740).

No Quadro 7 apresentam-se detalhes dos 7 trabalhos identificados com os métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de espaço aéreo e observa-se que a metaheurística GRASP foi utilizada em quatro estudos do setor/amostra espaço aéreo: 2005, 2008, 2009 e 2010. Além desta, outro método/algoritmo utilizado para resolver os problemas de localização foi o solver (Excel) e o AIMMS – 2006 e 2007.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 7. Métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de espaço aéreo

Autor	Localização de	Método/Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Cruz e Querido (2003)	Gerências regionais	Algoritmo genético	"Entretanto, ao se comparar o resultado proposto com a atual organização de uma companhia aérea constatou-se que o ganho pode ser mais significativo se for aumentado o número de iterações e o tamanho da população inicial do algoritmo genético, o que justifica o uso desta ferramenta como um diferencial para as companhias aéreas que buscam redução de custos através da otimização nas suas operações" (p. 1393).
Marchi <i>et.al.</i> (2005)	Radares de vigilância	GRASP	"Apesar das metodologias GRASP e GA não garantirem a otimalidade, apresentaram resultados promissores para o problema em questão" (p. 1302).
Santos e Müller (2006)	Facilidades de vigilância	Solver (Excel)	"Os resultados obtidos mostraram que, sob determinadas circunstâncias, restrições adicionadas ao MCLP original conferem um maior realismo à formulação matemática utilizada" (p. 1042).
Santos (2007)	Esquadrões de interceptação de aeronaves na Região Amazônica	AIMMS	"Os resultados auxiliam o tomador de decisão, no sentido de fornecer condições de avaliar a perda de cobertura que um determinado padrão logístico imposto pode gerar na solução obtida, em comparação com o MCLP original" (p. 1150).
Lamosa, Marchi e Santos (2008)	Radares	GRASP	"Sendo um estudo preliminar, foram realizados poucos testes computacionais que, apesar de limitados, mostraram a viabilidade de utilizar a formulação proposta para tratar o problema integrado" (p. 1728).
Lamosa e Marchi (2009)	Radares	GRASP	"Os resultados, apesar de limitados, mostraram que o método proposto encontra boas soluções para o problema integrado num tempo computacional aceitável" (p. 1903).
Lamosa, Marchi e Lamosa (2010)	Facilidades de máxima cobertura - radares de vigilância	GRASP	"Novos testes serão realizados e nossa expectativa é que o método proposto seja capaz de encontrar boas soluções para o problema num tempo computacional aceitável, como ocorreu nos testes apresentados" (p. 1327).

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando os artigos do setor/amostra espaço aéreo, conclui-se que o método/algoritmo mais utilizado foi o GRASP – em 4 dos 7 estudos: 2005, 2008, 2009 e 2010. Outros três métodos/algoritmos diferentes também foram utilizados nos demais estudos, quais sejam, algoritmo genético, solver (Excel) e AIMMS.

Relacionando os estudos do Quadro 7 com o método/algoritmo mais utilizados – algoritmo genético, evidencia-se o estudo de 2003, onde os autores Cruz e Querido (2003) afirmam que

“ao se comparar o resultado proposto com a atual organização de uma companhia aérea constatou-se que o ganho pode ser mais significativo se for aumentado o número de iterações e o tamanho da população inicial do algoritmo genético, o que justifica o uso desta ferramenta como um diferencial para as companhias aéreas que buscam redução de custos através da otimização nas suas operações” (CRUZ e QUERIDO, 2003, p. 1393).

Evidencia-se que todos os estudos obtiveram resultados satisfatórios na aplicação dos métodos/algoritmos, apesar de identificarem algumas limitações nos resultados.

No Quadro 8 apresentam-se detalhes de 5 trabalhos identificados com os métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de petróleo e gás.

Quadro 8. Métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de petróleo e gás

Autor	Localização de	Método/Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Goldbarg, Gouvêa e Souza (2002)	Poços	Algoritmos genéticos	"Como fica expresso no experimento computacional, a confecção de um algoritmo evolucionário [...] é competitivo em performance com os existentes no estado da arte na solução de problemas de recobrimento [...]" (p. 10).
Thomaz et.al.(2003)	Refinaria de petróleo	<i>Branch-and-Bound</i>	"O modelo desenvolvido apresentou resultados consistentes [...], servindo como um bom instrumento de apoio à tomada de decisão locacional" (p. 1958).
Sangineto e Querido (2005)	Bases de distribuição de petróleo	Algoritmo genético, Teiz e Bart, CS	"Para cada uma das opções de número de bases o Algoritmo Genético obteve melhores soluções do que com as atuais bases" (p. 2091).
Silva e Oliveira Filho (2005)	Fontes primárias e secundárias de gás natural	Heurística permutacional	"[...] os resultados obtidos nos nossos experimentos computacionais com problemas encontrados na literatura não foram considerados satisfatórios, [...], entretanto conseguimos resultados satisfatórios em relação ao tempo de execução" (p. 2138).
Takayassu e Ferreira Filho (2010)	Unidades industriais de uma refinaria	Algoritmos genéticos	"O estudo mostrou uma redução de 53,41% do custo em relação ao layout inicial, e de 51,12% em relação ao <i>layout</i> inicial sem as tubovias" (p. 1432).

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que os algoritmos genéticos foram utilizados em 2002, 2005 (primeiro estudo) e 2010. Apesar de serem aplicados no mesmo setor – petróleo e gás (Quadro 8), os

outros dois artigos, 2003 e 2005 (segundo estudo), utilizaram o *branch-and-bound* e a heurística permutacional.

Evidencia-se que todos obtiveram resultados satisfatórios na aplicação dos métodos/algoritmos, com exceção do segundo estudo apresentado em 2005, onde os autores Silva e Oliveira Filho (2005) afirmam que, apesar dos resultados satisfatórios em relação ao tempo de execução:

“constatamos que os resultados obtidos nos nossos experimentos computacionais com problemas encontrados na literatura não foram considerados satisfatórios, pois o desvio médio ficou acima das nossas expectativas [...]” (SILVA e OLIVEIRA FILHO, 2005, p. 2139).

A exemplo de resultados satisfatórios, no estudo de 2003 (Quadro 8) os autores Thomaz *et. al.* (2003) afirmam que

“o modelo desenvolvido apresentou resultados consistentes, apontando o Porto do Pecém como o melhor local para instalação da refinaria do Nordeste, a partir do ponto de vista exclusivo dos custos de distribuição, servindo como um bom instrumento de apoio à tomada de decisão locacional.” (THOMAZ *et. al.*, 2003, p. 1958).

Analisando os artigos da amostra e relacionando com os métodos/algoritmos mais utilizados (AG), evidenciam-se os estudos de 2002, 2005 e 2010. Nos estudos de 2002 – poços e 2005 - bases de distribuição de petróleo, os autores evidenciam, respectivamente,

que o “algoritmo é competitivo em performance se comparado com os existentes no estado da arte” e que apresentam “melhores soluções do que com as bases atuais” (GOLDBARG, GOUVÊA e SOUZA, 2002, p. 10; SANGINETO e QUERIDO, 2005, p. 2091).

E, no estudo realizado em 2010 – unidades industriais de uma refinaria, os autores afirmam que “o estudo mostrou uma redução de 53,41% do custo em relação ao layout inicial, e de 51,12% em relação ao layout inicial sem as tubovias” (TAKAYASSU e FERREIRA FILHO, 2010, p. 1432).

No Quadro 9 apresentam-se detalhes de cinco trabalhos identificados com os métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de *OR-Library*.

Quadro 9. Métodos/algoritmos utilizados no setor/amostra de OR-Library

Autor	Localização de	Método/ Algoritmos	Principais Resultados de aplicação dos métodos/algoritmos
Senne, Lorena e Pereira (2003)	p-centros	<i>Branch-and-price</i>	"Testes computacionais demonstram a efetividade do algoritmo proposto [...]" (p. 1).
Pinto Jr., Dias e Campêlo Neto (2005)	Facilidades não-capacitado	ADD/DROP, heurísticas, <i>branch-and-bound</i>	"Os resultados computacionais mostram uma redução no número de subproblemas gerados para a maioria das instâncias testadas, em comparação a outras regras de ramificação" (p. 1792).
Virginio Filho, Gomes e Xavier (2005)	Facilidades	GRASP	"[...] obtivemos resultados que se mantiveram com GAP na média a 1% da solução ótima" (p. 1506).
Bezerra, Souza e Almeida Vitor (2008)	p-medianas	Algoritmo Genético (AG), <i>Discrete Particle Swarm Optimization</i> (DPSO) e <i>Jumping Frog Optimization</i> (JFO)	"[...] resultados mostram que a metaheurística JFO possui melhor comportamento que as demais implementadas".
Rodrigues e Rangel (2009)	Armazéns	Heurística DROP	"É importante ressaltar que os tempos de execução do algoritmo proposto não são bons quando comparados aos tempos alcançados por Resende & Werneck (2006), Filho <i>et al.</i> (2005) e Caserta & Quinomez (2007) pois neste trabalho os problemas de transportes são resolvidos por um algoritmo exato implementado pelos autores" (p. 2693).

Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se que a heurística DROP foi utilizada em dois dos cinco estudos - 2005 (primeiro estudo) e 2009. Nos demais estudos, apesar de serem aplicados na mesma amostra

– *OR-Library* (Quadro 9), foram utilizados outros 6 métodos/algoritmos: *branch-and-price*, *branch-and-bound*, GRASP, AG, DPSO e JFO.

Evidencia-se que todos obtiveram resultados satisfatórios na aplicação dos métodos/algoritmos, com exceção do estudo de 2009, onde os autores Rodrigues e Rangel (2009, p. 2693) afirmam que

“é importante ressaltar que os tempos de execução do algoritmo proposto não são bons quando comparados aos tempos alcançados por Resende & Werneck (2006), Filho et al. (2005) e Caserta & Quinomez (2007), pois neste trabalho os problemas de transportes são resolvidos por um algoritmo exato implementado pelos autores”.

A exemplo de resultados satisfatórios, no estudo de 2008 (Quadro 9) os autores Bezerra, Souza e Almeida Vitor (2008, p. 1124) comparam a utilização dos três métodos/algoritmos e afirmam que

“as soluções da rotina JFO mantêm-se, em todos os casos, superiores ao AG e DPSO. Esse melhor refinamento da JFO está diretamente relacionado com o maior tempo computacional necessário, quando comparado com o tempo computacional despendido pelo algoritmo DPSO, e AG. No caso paralelo os tempos são menores com soluções próximas as encontradas no modo sequencial”.

Os resultados também foram considerados satisfatórios nos estudos de 2003 e de 2005. Senne, Lorena e Pereira (2003, p. 1) afirmam que os "testes computacionais demonstram a efetividade do algoritmo proposto [...]"; Pinto Jr., Dias e Campêlo Neto (2005, p. 1792) evidenciam que "os resultados computacionais mostram uma redução no número de subproblemas gerados para a maioria das instâncias testadas, em comparação a outras regras de ramificação"; Virginio Filho, Gomes e Xavier (2005, p. 1506) afirmam que os resultados "se mantiveram com GAP na média a 1% da solução ótima".

Conclui-se que, para os setores/amostras que tiveram as maiores aplicações dos problemas de localização (comunicação, energia elétrica, espaço aéreo, petróleo e gás e *OR-Library*), os métodos/algoritmos mais utilizados foram o algoritmo genético seguido do GRASP, com 12 e 11 aplicações.

4. Conclusões

Observa-se que o objetivo proposto neste trabalho, mapear a utilização dos métodos/algoritmos aplicados na resolução de problemas de localização, foi atingido a partir da análise de conteúdo em 89 artigos da amostra (selecionada em artigos do SBPO no período de 10 anos).

Foi possível evidenciar que, apesar de utilizarem métodos/algoritmos diferentes para o problema de localização, a maioria dos estudos apresentou resultados satisfatórios e tempo computacional baixo. Os métodos/algoritmos mais utilizados nos estudos da amostra foram: metaheurística GRASP, algoritmo genético (AG), *branch-and-bound*, método de *clustering search* (CS) e método de decomposição de Benders. A maior aplicação foi do AG, seguida da metaheurística GRASP e do *branch-and-bound*, com 20 (16,1%), 14 (11,3%) e 11 (8,9%) aplicações. Por fim, os métodos de *clustering search* (CS) e de decomposição de

Benders foram aplicados em 9,6% dos artigos, ou seja, cada método com 4,8%. Os outros casos tiveram de 1 a 4 aplicações de métodos/algoritmos.

Outra constatação é que, por mais que tenha havido aplicações de métodos/algoritmos em diferentes setores da economia, não há simetria nas utilizações dos mesmos relacionados ao mesmo setor. Além disso, apesar de resultados apresentados como satisfatórios, 67,4%, 21,4% e 11,2% dos estudos utilizaram um, dois e três métodos/algoritmos para a resolução dos problemas de localização em diversos setores/amostras, como se constatou. Por fim, evidencia-se que a escolha e aplicação dos métodos/algoritmos, na maioria dos casos, foram baseadas na revisão de literatura de outros casos semelhantes já publicados.

Ressalta-se que este estudo apresenta algumas limitações em relação às buscas efetuadas, tais como: a busca se restringiu a alguns termos (listados na metodologia), artigos que apresentaram somente resumo (foram excluídos da amostra) e ausência de sítios do evento.

Por fim, evidencia-se que parte preliminar deste trabalho foi apresentado no Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional em 2012, por Mareth e Pizzolato (2012), considerando um período de 5 anos. No intuito de comparar os resultados para os períodos de 5 e 10 anos, elaborou-se o Quadro 10.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Quadro 10. Comparação dos resultados para os períodos de 5 e 10 anos

Itens	5 Anos (Mareth & Pizzolato, 2012)	10 Anos
Períodos	2006-2010	2002-2011
População	1.543	2.788
Amostra	43	89
Setores com maiores aplicações	Energia elétrica - 16%	Comunicação - 12,4%
	Espaço aéreo - 11%	Energia elétrica - 10,1%
	Transporte - 9%	Espaço aéreo - 7,9%
	Comunicação - 9%	Petróleo e gás; <i>OR-Library</i> - ambos com 5,6%
Instituições com maiores participações	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - 12%	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Estadual Paulista (UEP) - ambas com 9,5%
	Universidade Federal Fluminense (UFF) - 9%	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - 9,1%
	Universidade Estadual de Campinas (UEC) - 8%	Universidade Federal Fluminense (UFF) - 6,9%
Quantidade de métodos/ algoritmos utilizados em cada artigo	21 artigos (49% da amostra) - um	60 artigos (67,4% da amostra) - um
	16 artigos (37% da amostra) - dois	19 artigos (21,4% da amostra) - dois
	6 artigos (14% da amostra) - três	10 artigos (11,2% da amostra) - três
Métodos/ algoritmos mais utilizados	AG - 15%	AG - 16,1%
	GRASP - 13%	GRASP - 11,3%
	<i>Clustering Search</i> - 7%	<i>Branch-and-bound</i> - 8,9%

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando os estudos apresentados no Quadro 10, observa-se que o acréscimo de 5 anos no estudo resultou num acréscimo de 1.245 e 46 artigos, respectivamente, para a população e amostra. Em ambos os estudos, os setores com maiores aplicações dos problemas de localização foram energia elétrica, espaço aéreo e comunicação. O INPE e a UFF foram as instituições com maiores participações em ambos os estudos.

Em relação aos métodos/algoritmos, a quantidade mais utilizada em ambos os estudos foi de um, seguida de dois e três, sendo que, na maioria dos estudos as aplicações foram consideradas satisfatórias. Por fim, os métodos mais utilizados, em ambos os estudos foram o AG e o GRASP, com exceção do terceiro colocado – *clustering search* e *branch-and-bound*.

Certamente, o presente estudo pode ser expandido tendo como base de pesquisa outros eventos e revistas (relacionadas no Qualis) que sejam referência na área de Pesquisa Operacional.

Referências

- Ahmadi, S. & Osman, I.H. (2005). Greedy random adaptive memory programming search for the capacitated clustering problem. *European Journal of Operational Research*, 162(1), 30–44.
- Aguiar, P. M. S. & Pizzolato, N. D. (2005). Desenvolvimento de propostas para uma cadeia de suprimentos. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Almeida, W. G. & Senne, E. L. F. (2008). Uma aplicação da busca por agrupamentos ao problema de localização de concentradores não-capacitado. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Almeida, W. G. & Senne, E. L. F. (2009). Heurísticas para o problema não-capacitado de localização de p-concentradores. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.
- Almeida, W. G. & Senne, E. L. F. (2010). Metaheurística híbrida com busca por agrupamento aplicado ao problema de localização de hubs com restrições de capacidade. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Almeida, W. G., Senne, E. L. F. & Yanasse, H. H. (2010). Uma abordagem exata para problema de localização de concentradores capacitado. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Alves, M. J. & Clímaco, J. (2004). Discussão sobre um SAD baseada na sua aplicação a um problema multiobjectivo de localização-transporte. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.
- Alzamora, G. G., Raupp, F. M. & Pizzolato, N. D. (2011). Localização e alocação de centros de saúde: estudo de caso em Ácora, Puno, Peru. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.
- Araújo, A. R. M.; Penaranda, A. G.; Nakamura, F. G. & Rodrigues, R. F. (2011). Heurística para o problema de cobertura em redes de sensores sem fio voltada ao rastreamento de animais. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.
- Arroyo, J. E. C. & Marques, T. B. (2006). Heurística Grasp Aplicado ao Problema de Alocação de Antenas de Transmissão. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.
- Barcelos, F. B., Pizzolato, N. D. & Lorena, L. A. N. (2002). Avaliação da localização de escolas com modelos capacitado e não-capacitado e uso de uma ferramenta GIS: estudo de caso de Vitória/ES. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Barão, F. R.; Kripka, M. & Kripka, R. M. L. (2009). Determinação da localização ótima de postos de entrega voluntária para a coleta seletiva na região central do município de Passo Fundo - RS. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.

Barra, T. W., Santos, L. F., Fuchshuber, R., Plastino, A. & Martins, S. L. (2009). Explorando a heurística DM-GRASP para o problema das p -medianas. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.

Bezerra, S. N.; Souza, S. R. & Almeida Vitor, J. F. (2008). Algoritmos evolutivos paralelos aplicados ao problema da p -mediana. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Brick, E. & Uchoa, E. (2005). Um modelo de localização para análise de nível de reparo. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.

Brito, J. A. M.; Montenegro, F. M. T. & Brito, L. R. (2005). Aplicação de algoritmo grasp e genético ao problema de localização de estações de rádio base. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.

Brito, J. A. M. & Xavier, A. E. (2004). Algoritmo de Suavização Hiperbólica para o Problema de Localização de Estações de Rádio Base. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

Caldas, M. A. F. & Azevedo, F. (2009). Um modelo de localização de terminal multimodal de cargas baseado em análise multicritério. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.

Carvalho, C. R. V., Oliveira, C. R. & Camargo, R. S. (2003). Um Modelo De Programação Linear Inteira Mista Para A Localização De Armazéns E A Distribuição De Produtos Siderúrgicos. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Capri, M. A. V. & Steiner, M. T. A. (2006). Otimização no serviço do estacionamento rotativo regulamentado utilizando técnicas da pesquisa operacional. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.

Caserta, M. & Quinomez, E. (2007). A metaheuristic algorithm for the capacitated facility location problem. VII Metaheuristic International Conference, Montreal-Canadá.

Castaneda, A. M. M. (2004). Um modelo de programação linear para a localização de usinas de açúcar. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

Castro, R., Camargo, R. S. & Miranda, G. (2009). Método de decomposição de benders aplicado a localização de concentradores em redes do tipo eixo-raio com alocação simples. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.

Cordeiro, M. G.; Vianna, D. S. & Vianna, M. F. D. (2011). Desenvolvimento de algoritmos genéticos para o problema das p -medianas utilizando operadores de cruzamento convencionais e não-convencionais. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.

Corrêa, F. A.; Lorena, L. A. N. & Senne, E. L. F. (2006). Método de Geração de Colunas Aplicado ao Problema de Localização de Facilidades Não-Capacitado. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.

- Corrêa, F. A., Chaves, A. A. & Lorena, L. A. N. (2007). Heurística híbrida com detecção de regiões promissoras aplicada ao problema probabilístico de localização-alocação de máxima cobertura. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Cortes, J. M. R. & de Paula Jr., G. G. (2004). Algoritmo genético para resolver um problema de localização com restrições. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.
- Cortes, J. M. R. & de Paula Jr, G. G. (2005). Implementação de um algoritmo genético para resolução de um problema de localização com restrições. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Costa, C. E. S., Costa, D. M. B. & Góes, A. R. T. (2006). Determinação de setores de atendimento em uma concessionária de energia. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.
- Cruz, C. A. O. & Querido, T. (2003). Algoritmo genético na localização de gerências regionais em uma companhia aérea. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Dias, P. G. F.; Miranda Jr., G.; Camargo, R. S. & Luna, H. P. L. (2004). Localização de servidores e desenho de redes locais integradas. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.
- Drezner, Z. (1995). Facility Location: A Survey of Applications and Methods. Springer, New York.
- Ducati, E. A. (2002). Busca Tabu Aplicada ao Problema de Localização de Facilidades com Restrições de Capacidade. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Espejo, L. G. A. & Galvão, R. D. (2002). Um modelo de localização hierárquico capacitado. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Espejo, L. G. A. & Galvão, R. D. (2003). Uma aproximação da fronteira eficiente para o problema de localização hierárquico de máxima cobertura. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Espejo, L. G. A. & Riesco, D. L. A. (2011). Localización de albergues para hogares afectados por um desastre natural. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.
- Feo, T. A. & Resende, M. G. C. (1989). A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem. Operations Research Letters, 8, 67-71.
- Filho, R., Gomes, M. & Xavier, A. (2005). Um algoritmo grasp híbrido para o problema de localização capacitada de custo fixo. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- França, P. M., Garcia, V. J., Morelato, A. & Usberti, F. L. (2007). Enfoque multicritério para o problema de redistribuição capacitado. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Figueiredo, R. M. A. & Silva, E. (2007). Algoritmos genéticos aplicados ao problema de localização de HUBS. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Gil, A. C. (2009). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo, Atlas.

Glover, F. (1997). Tabu Search and adaptive memory programming – advances, applications and challenges. In: Barr, R.S., Helgason, R.V., Kennington, J.L. (Eds.). *Advances in Metaheuristics, Optimization, and Stochastic Modeling Technologies*, Kluwer, Boston, MA, 1-75.

Goldbarg, M. C. & Luna, H. P. L. (2005). *Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos*. Rio de Janeiro, Elsevier.

Goldbarg, M. C.; Gouvêa, E. F. & Souza, C. M. P. (2002). Uma abordagem evolucionária para a solução do problema de localização de poços e manifolds em campos submarinos de petróleo. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Gonçalves, M. E., Marins, F. A. S. & Salomon, V. A. P. (2003). Aplicação do AHP na escolha da localização da reitoria de uma universidade multi-campi. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

González, J. F. V.; Cavellucci, C. & Lyra Filho, C. (2007). Estratégia de otimização para alocação de reguladores de tensão em redes de distribuição de energia elétrica. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.

González-Araya, M. C., Bobadilla, C. U. & Espejo, L. G. A. (2011). Análisis de modelos de localización para apoyar la distribución de bins em huertos de manzanas. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.

Gurgel, A. M., Ferreira, R. J. P., Aloise, D. J. & Mota, C. M. M. (2010). Localização de bases policiais: uma proposta usando a busca tabu e path relinking. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.

Hoffmann, L. T. & Gómez, A. T. (2003). Uma abordagem do problema de localização de torres de rádio transmissão auxiliado por um sistema de informação geográfica. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Ignácio, A. A. V., Galvão, R. D. & Ferreira Filho, V. J. M. (2004). Localização e alocação de dispositivos de ligação em redes de computadores usando heurística tabu. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

Jardim, R. X. & Conceição, S. V. (2004). Localização de unidades de resgate em Belo Horizonte. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

Lamosa, M. J. P.; Marchi, M. M. & Santos, C. L. R. (2008). O problema de localização de máxima cobertura integrado ao problema de roteamento. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Lamosa, M. J. P. & Marchi, M. M. (2009). Análise da formulação e resolução do problema de localização de máxima cobertura integrado ao problema de roteamento através do GRASP. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.

Lamosa, M. J. P., Marchi, M. M. & Lamosa, D. M. (2010). Posicionamento de sensores considerando facilidades com características distintas. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.

- Leão, F. B.; Silva, L. G. W. & Mantovani, J. R. S. (2005). Algoritmo genético dedicado à busca da solução do problema de localização de defeitos em componentes de sistemas de energia elétrica. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Leite, J. B.; Mathias Neto, W. P. & Mantovani, J. R. S. (2010). Alocação otimizada de chaves de manobra para restauração de redes de distribuição de energia elétrica. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Lima, D. F. & Rangel, S. (2002). ORMAPS: um SAD para os problemas de localização. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Lima Jr., E. F. & Nascimento, R. Q. (2006). Um método contínuo para solução de problemas de localização. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.
- Lorena, L. A. N. & Senne, E. L. F. (2002). Abordagens de geração de colunas para um problema de p-medianas capacitado. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Maia, C. C. & Mello, J. C. C. B. S. (2003). Localização de instalações de telefonia móvel: Uma Abordagem por Apoio Multicritério à Decisão. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Marchi, M. M., Pinto, M. J., Medeiros, F. L. L. & dos Santos, C. L. R. (2005). Aplicação do Método Grasp no Problema de Posicionamento de Radares de Vigilância. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Mareth, T. & Pizzolato, N. D. (2012). Mapeamento da utilização dos métodos/algoritmos aplicados na resolução de problemas de localização. XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Marques, T. B., Arroyo, J. E. C. & Vianna, D. S. (2007). Heurísticas para o problema de alocação de antenas de transmissão. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Martins, G. A. & Theóphilo, C. R. (2009). Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. São Paulo, Atlas.
- Mello, M. H. C. S. & Farias Filho, J. R. (2010). Análise multicritério de localização de Polos do CEDERJ. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Meneses, H. B., Neto, J. F. B. & Arruda, J. B. F. (2002). Localização de centros de distribuição: avaliação comparativa entre metaheurística GRASP do Transcad e uma modelagem de programação linear. XXXIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Menezes, R.; Diallo, M. & Pizzolato, N. D. (2011). Escolas públicas em Guaratiba, Rio de Janeiro: aplicação de modelo da p-mediana capacitado e de máxima cobertura. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.
- Miasaki, C. T. & Romero, R. A. (2004). Um algoritmo evolutivo aplicado a um modelo matemático alternativo no planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia elétrica. XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, São João Del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

- Miranda, Gilberto Jr.; Ferreira, Ricardo P. M. & Luna, Henrique P. L. (2003). Localização de componentes eletrônicos incluindo térmicos. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Oliveira, R. M., Mauri, G. R. & Lorena, L. A. N. (2010). Clustering search aplicado ao problema de alocação de berços. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Osman, I. & Christofides, N. (1994). Capacitated clustering problems by hybrid simulated annealing and tabu search. *International Transactions in Operations Research*, 1(3), 317–36.
- Pacheco, R. & Cirqueira, L. (2006). Modelagem e aplicação de uma heurística para solução simultânea de problemas logísticos de localização de depósitos e centralização de estoques. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Goiânia, Goiás, Brasil.
- Pagliarussi, M. S., dos Santos, M. O., Pessoa, J. D. C. & Kronig, T. (2011). Proposta de um modelo matemático para a cadeia produtiva agroindustrial de açaí no Pará. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.
- Pereira, R., Garcia, L., Melo, V., Texeira, P. & Boaventura-Netto, P. O. (2005). Distribuição de Cabines de Segurança em parte do Bairro do Leblon na Cidade do Rio de Janeiro. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Pereira, M. A., Lorena, L. A. N. & Senne, E. L. F. (2005). Uma proposta de estabilização do método de geração de colunas aplicado ao problema de localização de máxima cobertura. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Periçaro, G. A., Volpi, N. M. P. & dos Santos, S. R. (2007). Um estudo sobre a influência de custos de transportes na localização de uma agroindústria de aves. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Pinto Júnior, J. A., Dias, F. C. S. & Campêlo Neto, M. B. (2005). Um estudo de critérios ADD/DROP para o problema de localização de facilidades não-facilitado. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Pizzolato, N. D., Raupp, F. M. P. & Alzamora, G. S. (2012). Revisão de desafios aplicados em localização com base em modelos da p-mediana e suas variantes. *Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 4(1), 13-42.
- Queiroz, L. M. O., Cavellucci, C. & Lyra Filho, C. (2008). Metodologia de geração de redes secundárias de distribuição de energia elétrica para estudos de planejamento. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Resende, M. & Werneck, R. (2006). A hybrid multistart heuristic for the uncapacitated facility Location. *European Journal of Operational Research*, 174, 54–68.
- Rocha, B. O. & Barros Neto, J. F. (2008). Utilização de modelos de localização para dinamização do fluxo reverso de pneus inservíveis. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Rocha, H. R. O.; Souza, J. C. S. & Coutto Filho, M. B. (2010). Localização ótima de medidores em redes elétricas de grande porte via colônia de formigas e heurística construtiva. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.

- Rodrigues, S. B. (2008). Metaheurística colônia de formigas aplicada a um problema de roteamento de veículos: caso da Itaipu Binacional. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Rodrigues, D. B. & Rangel, M. C. (2009). Proposta de um algoritmo baseado na heurística DROP para o Problema de Localização de Armazéns. XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia, Brasil.
- Sá, E. M., de Camargo, R. S. & de Miranda Júnior, G. (2010). Redes eixo-raio aplicada ao transporte público. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Sangineto, M. L. T. & Querido, T. M. (2005). Aplicação de técnicas de localização em bases de distribuição de uma empresa comercializadora de derivados de petróleo. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Santos, R. P. (2007). Problema de localização de máxima cobertura aplicado à localização de esquadrões de interceptação na região Amazônica: uma extensão. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.
- Santos, P. M., Arroyo, J. E. C. & Soares, M. S. (2010). Um algoritmo genético com path relinking para um problema de localização de facilidade bi-objetivo. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Santos, R. P. & Müller, C. (2005). Problema de localização de máxima cobertura aplicado à localização de esquadrões de aeronaves de interceptação na região Amazônica. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Senne, E. L., Lorena, L. A. & Pereira, M. A. (2003). Um algoritmo branch-and-price para problemas de localização de p-medianas. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
- Siliprande, M. D., Cortes, J. M. R. & de Souza Brandão, R. (2008). Modelo multi-objetivo para o problema de localização de antenas de transmissão para internet a rádio no município de Itaperuna. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Silva, J. L. C. & Oliveira Filho, O. M. O. (2005). Método prático para a resolução do problema de localização de facilidades capacitado. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Silva, M., Senne, E. L. F. & Vijaykumar, N. L. (2010). Planejamento de redes mesh com aplicação do modelo hipercubo para verificação de parâmetros de QoS. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Silva, J. Q.; Passos, A. C. & Rocha, M. M. (2010). Localização de indústria de esmagamento de soja usando a análise de decisão multicritério apoiada em sistema de informação geográfica. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Souza, A. A. A.; Oliveira, C. C. B. & Geus, K. (2010). Otimização de alocação de banco de capacitores na rede de média tensão de energia elétrica. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.

Takayassu, R. C. & Ferreira Filho, V. J. M. (2010). Determinação do arranjo físico de uma refinaria com facilidades de tamanhos desiguais usando algoritmos genéticos. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil.

Thomaz, A. C. F.; Praça, E. R.; Nobre Junior, E. F. & Arruda, J. B. F. (2003). Determinação da localização ótima de uma refinaria de petróleo no nordeste do Brasil: um modelo com enfoque nos custos de distribuição. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Toscano Filho, A. B. A. & Pinheiro, P. R. (2007). Um Ambiente na Web para Otimização do Transporte de Passageiros sob Regime de Fretamento. XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Valiati, D. & Bornstein, C. T. (2003). Utilização de análise de grupamento para resolução do problema de localização capacitado. XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

Veloso, E. A. (2008). Um algoritmo de Marcas para a Determinação da p-mediana de uma rede baseado em árvores disjuntas geradas pelos conjuntos recíprocos e não recíprocos. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Virginio Filho, R. S.; Gomes, M. J. N. & Xavier, A. E. (2005). Um algoritmo GRASP híbrido para o problema de localização capacitada de custo fixo. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, Rio Grande do Sul, Brasil.

Zeferino, G., Amorim, F. M. D. S. & Filho, M. F. D. F. (2011). Algoritmos multi-start, GRASP e ILS aplicados ao problema de p-mediana. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, São Paulo, Brasil.