

Title	Algoritmo heurístico para agrupamento de ordens de serviço em concessionárias de distribuição de energia elétrica considerando priorização
-------	---

Registration N°: (Abstract)	xxx
-----------------------------	-----

Company
1. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA 2. AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.

Autores do artigo		
Nome	País	e-mail
Antonio Repiso Mascia ¹	Brasil	armascia@gmail.com
Wagner de Melo Reck ¹	Brasil	wagner.reck@gmail.com
Vinicius J. Garcia ¹	Brasil	viniciusgarcia@unipampa.edu.br
Daniel P. Bernardon ¹	Brasil	danielbernardon@unipampa.edu.br
Mauricio Sperandio ¹	Brasil	mauriciosperandio@unipampa.edu.br
Cléverton do Vale ²	AES Sul	Cleverton.Vale@aes.com

Key words
<i>Problema de agrupamento, Otimização combinatória, Heurísticas.</i>

Resumo. *O agrupamento de ordens de serviço é uma tarefa cotidiana envolvida no planejamento da execução das tarefas de manutenção e atendimento aos consumidores. Em função do volume considerável de demanda deste tipo, a distribuição destas ordens para as equipes disponíveis não é trivial e necessariamente deve considerar a minimização do tempo de deslocamento com o intuito de aumentar a produtividade dessas equipes. Neste trabalho é proposto um algoritmo heurístico que resolve este problema como um problema de agrupamento capacitado. Os resultados obtidos para um conjunto de 102 ordens mostram a conveniência da proposta e o relativo sucesso quando é observada a boa distribuição das ordens.*

1. INTRODUÇÃO

O atendimento aos consumidores de energia elétrica por parte das concessionárias e algumas atividades de manutenção prevêm a execução de procedimentos denominados ordens de serviço. Estas ordens estão classificadas em três classes:

- Comerciais: envolvem tipicamente serviços de atendimento comercial;
- Técnicas: caracterizadas por atividades de inspeção e/ou manutenção periódica em equipamentos da rede de distribuição;
- Emergenciais: eventos na rede elétrica que prejudiquem a segurança e/ou à qualidade do serviço prestado ao consumidor.

Observa-se que da classificação e separação das ordens decorre uma compreensão sobre a relevância e a premência que cada um dos tipos exige: as ordens emergenciais têm prioridade máxima, enquanto as ordens comerciais têm maior prioridade que as ordens técnicas. Há também as regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [7], que dispõem sobre o prazo máximo de atendimento para determinadas ordens de serviço, sendo que a não observação implica multas ao prestador de serviço.

Considerando a grande demanda destas atividades e os recursos limitados das concessionárias (humanos e materiais), vislumbra-se a necessidade de aprimorar o atendimento, a classificação e a programação das ordens técnicas e comerciais, na concepção centralizada de despacho. Tal propósito facilita a padronização dos processos de atendimento com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir os custos de deslocamento e comunicação entre os centros de operação e as equipes.

Uma concepção possível para resolver o problema de decidir quais serão as ordens de serviço que cada equipe executará seria relacioná-lo com o problema de agrupamento capacitado [3][5].

Este trabalho apresenta um algoritmo heurístico para agrupamento de ordens de serviço que considera prioridades nas duas categorias consideradas: técnicas e comerciais. O resultado final é um conjunto de ordens que cada equipe executará respeitando a jornada de trabalho e o tempo destinado somente à execução das ordens máxima prioridade.

As seções 2 e 3 apresentam a descrição do problema de agrupamento de ordens e o algoritmo construtivo desenvolvido, respectivamente. Os resultados práticos com dados reais das concessionárias de energia elétrica e as considerações finais são apresentados nas seções 4 e 5, respectivamente.

2. O PROBLEMA DE AGRUPAMENTO DE ORDENS

O problema que inspirou este trabalho ocorre no planejamento do atendimento às ordens de serviço. A execução dessas ordens é definida com 24 horas de antecedência e contempla somente as técnicas e comerciais, as emergenciais são designadas em tempo real. O objetivo é criar um conjunto de ordens que será atribuído a uma equipe para execução desses serviços.

O problema clássico de agrupar elementos geograficamente distribuídos é conhecido como problema das *p*-medianas capacitado [1][3][4][5][6]. Métodos heurísticos são comumente aplicados para a sua solução em função da vinculação deste problema com a classe **NP-Complete** [8].

Para resolver o problema de agrupamento é preciso considerar um modelo da realidade, qual seja: as ordens de serviço são elementos geograficamente distribuídos e a conexão entre é atribuída uma distância. Torna-se razoável imaginar que uma estrutura baseada em um grafo orientado completo $G=(V,E)$ seja empregada neste modelo, contemplando as seguintes informações sobre os dois conjuntos de elementos:

- Conjunto V: composto pelos vértices do grafo que estão associados às ordens de serviço e incluem informações como as coordenadas e as respectivas prioridades;
- Conjunto E: são as interligações possíveis entre cada par de vértices, para as quais é definida uma distância euclideana.

Define-se a partir destas premissas e à luz das necessidades relacionadas com o problema prático um problema matemático que possui a função objetivo e o conjunto de restrições definido a seguir:

- **Função objetivo:** minimizar a distância total, calculada como a soma de todas as distâncias entre cada ordem e o seu

respectivo centro geográfico do agrupamento;

- **Restrições:**
 - Cada ordem deve estar vinculada a apenas um grupo;
 - Todos os grupos terão a sua carga de trabalho respeitada, medida pela distância entre cada ordem e o seu respectivo centro geográfico;
 - O número de grupos criados deve ser igual ao número de equipes.

Denota-se por centro geográfico aquele vértice pertencente ao grupo para o qual a soma das distâncias entre ele e todas os demais vértice é mínima. No problema de p-medianas este elemento é referido como sendo a mediana de cada grupo e p refere-se, neste caso, ao número de equipes.

3. ALGORITMO HEURÍSTICO PROPOSTO

A resolução do problema de agrupamento é feita com o uso de um algoritmo construtivo baseado naquele desenvolvido por Ahmadi e Osman [1], contemplando a divisão do problema em duas etapas: localizar o centro de cada um dos grupos e depois alocar as ordens de modo que a jornada de trabalho não seja excedida e que as ordens comerciais sejam primeiramente consideradas. Esta última observação tem muita importância porque é imposto que este tipo de ordem esteja no início da rota das equipes.

A Figura 1: ilustra o fluxograma que representa o algoritmo desenvolvido.

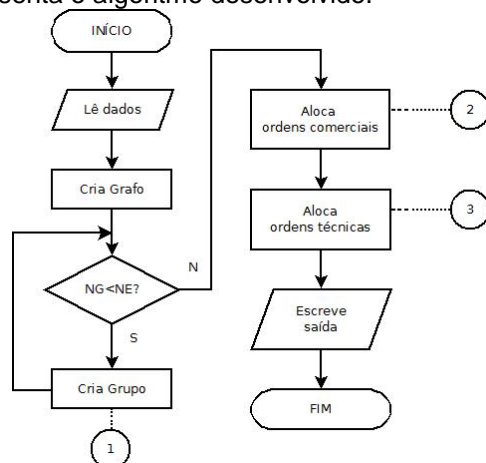


Figura 1: Fluxograma do algoritmo desenvolvido.

O algoritmo tem o início com a leitura dos dados que definem o problema (etapa “Lê

dados”), incluindo os dados das ordens e das equipes. A seguir é criado o grafo G (etapa “Cria Grafo”). A repetição que segue se destina a criação dos grupos de ordens geograficamente distribuídas segundo as coordenadas informadas. Nesta etapa, define-se um centro para o respectivo grupo que necessariamente corresponde a uma ordem de serviço e servirá de referência para o agrupamento das demais ordens na etapa de alocação. O teste “NG<NE” compreende a verificação se o número de grupos é menor que o número de equipes informado, caso seja verdadeiro é criado um novo grupo, caso seja falso parte-se para a alocação das ordens nas etapas seguintes. Nas etapas 2 e 3 apontadas na Figura 1: são designadas as ordens aos grupos criados na etapa 1. Primeiro considera-se as ordens comerciais que ocuparão prioritariamente a jornada de trabalho das equipes segundo o limite de horas informado. A seguir são alocadas as ordens técnicas restantes, novamente observando-se a carga horária das equipes disponíveis.

Nas etapas numeradas de 1 a 3 no fluxograma da Figura 1: está previsto o uso de uma versão modificada do algoritmo construtivo de Ahmadi e Osman [1], cujo desempenho é muito satisfatório em razão de contemplar uma medida de densidade no espaço geográfico em que se encontram as ordens.

4. RESULTADOS

A adequação do algoritmo proposto foi verificada com o uso de um conjunto de ordens de serviços que compuseram a demanda de uma região da concessionária de energia elétrica em um determinado dia. Compõe este conjunto 102 ordens que correspondem a 25,5 horas para serem completadas e 5 equipes.

As Figuras 2 e 3 compreendem a distribuição dos grupos para o mesmo conjunto de ordens mas assumindo duas circunstâncias específicas: na primeira (Figura 2) foi assumido que as 102 ordens correspondiam apenas ordens técnicas; na segunda (Figura 3) foi assumido que no universo das 102 há ordens comerciais e técnicas e que aquelas tem prioridade sobre estas. Além disso, as Tabelas 1 e 2 contemplam o resultado para a primeira e segunda circunstâncias, respectivamente.

Percebe-se uma melhor conformação para o primeiro caso, Figura 2, e também um tempo total de execução igual a 37,24 horas (Tabela 1). Na Figura 3 a conformação é pior se comparada com a Figura 2 e os resultados da Tabela 2

evidenciam um tempo total para executar as ordens de 50,5 horas.

Evidencia-se com isso o impacto da consideração da priorização: o aumento no tempo total de execução das ordens (considerado como o tempo de execução mais a estimativa do tempo de deslocamento).

Outro aspecto a ser destacado é que para o caso em que há as duas categorias de ordens e, por conseguinte, a priorização das ordens comerciais sobre as ordens técnicas, o equilíbrio entre a carga horária das equipes é maior.

Uma última observação refere-se ao tempo computacional requerido: foram necessários 0,5 segundos para um computador baseado em processador Intel Core 2 Duo 2.4 GHz e 2GB de memória RAM.



Figura 2: Distribuição das ordens técnicas.



Figura 3: Distribuição das ordens técnicas e comerciais.

Eq.	Num.Ordens	Carga horária (h)
1	15	5,34
2	43	11,60
3	15	4,47
4	12	7,19
5	17	8,64
Total:		37,24

Tabela 1: Resultado para as ordens técnicas.

Eq.	Num.Ordens	Carga horária (h)
1	10	6,05
2	31	11,48
3	9	8,47
4	9	11,87
5	15	12,62
Total:		50,50

Tabela 2: Resultado para as ordens técnicas e comerciais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um algoritmo heurístico para agrupamento de ordens de serviço em concessionárias de energia elétrica. O objetivo é planejar a distribuição destas ordens para as equipes de modo a minimizar o tempo de trabalho.

O algoritmo desenvolvido apresentou-se adequado aos propósitos definidos na seção 2 e os resultados com um caso típico evidenciaram que a consideração das prioridades ocasiona um tempo total maior para executar as ordens, quando é comparado com aquele tempo somente para as ordens técnicas.

Trabalhos futuros envolverão a consideração de algoritmos de melhoria e baseados em memória a fim de tornar a solução proposta ainda mais adequada no que se refere à redução do tempo de deslocamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio técnico e financeiro da concessionária de energia elétrica AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia SA, por meio do projeto de Pesquisa & Desenvolvimento intitulado "Gestão Estratégica operacional - otimização de rotas e despachos de ordens de serviço", bem como ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

REFERÊNCIAS

- [1] Ahmadi S., and Osman I.H., 2005. Greedy random adaptive memory programming search for the capacitated clustering problem. European Journal of Operational Research 162(1):30–44.

-
- [2] Chiou Y-C, and Lan L.W., 2001. Genetic clustering algorithms. *European Journal of Operational Research* 135: 413–27.
- [3] França P. M, Sosa N. M, and Pureza V., 1999. An adaptive tabu search algorithm for the capacitated clustering problem. *International Transactions in Operational Research* 6:665–78.
- [4] Lorena L.A, and Senne E.L.F., 2004. A column generation approach for the capacitated p-median problems. *Computers & Operations Research* 31:863–76.
- [5] Osman I. H., Christofides N., 1994. Capacitated clustering problems by hybrid simulated annealing and tabu search. *International Transactions in Operations Research* 1(3):317–36.
- [6] Ríos-Mercado, R. L., Fernández, E., 2009. A reactive grasp for commercial territory design problem with multiple balancing requirements, *Computers & Operations Research* 36(3): 755–776.
- [7] Resolução 456, Agência Nacional de Energia Elétrica.
- [8] Garey, M.R. e Johnson, D.S., 1979. *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, Freeman, San Francisco.