

ESTUDO DA INTERFERÊNCIA ENTRE EQUIPES DE MANUTENÇÃO CONSIDERANDO UMA CENTRAL DE CONTROLE COM CAPACIDADE DE ATENDIMENTO RESTRITA

Arineia Nogueira de Assis

Universidade Federal de São Carlos / Instituto Federal de Goiás
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP
arineia@estudante.ufscar.br

Roberto Fernandes Tavares Neto

Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP
tavares@dep.ufscar.br

Mario Otavio Batalha

Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP
dmob@ufscar.br

Roberto Antonio Martins

Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP
ram@dep.ufscar.br

Herick Fernando Moralles

Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luis, km 235 - São Carlos - SP
herickmoralles@dep.ufscar.br

Mauro Gonçalves

EDP Brasil
Rua Werner Von Siemens, 111 - Lapa, São Paulo - SP
mauro.goncalves@edp.com

Gustavo Mendonça

EDP Brasil
Rua Werner Von Siemens, 111 - Lapa, São Paulo - SP
gustavo.mendonca@edp.com

Rafael Seeberger

EDP Brasil
Rua Werner Von Siemens, 111 - Lapa, São Paulo - SP
rafael.seeberger@edp.com

Luana de Melo Gomes

EDP Brasil
Rua Werner Von Siemens, 111 - Lapa, São Paulo - SP
luana.gomes@edp.com

RESUMO

Durante a execução de atividades de manutenção em campo, é comum que as equipes necessitem de apoio telefônico de suas respectivas bases de operação. Porém, ao se observar a realidade de uma companhia de distribuição de energia elétrica, percebeu-se que, dependendo da programação das tarefas das equipes, o número de chamadas simultâneas ocorrendo em momentos pontuais pode gerar sobrecarga no processo de atendimento da base (o que gera atraso na execução das tarefas pelas equipes), assim como períodos de ociosidade, igualmente indesejáveis. Esse trabalho apresenta um modelo de simulação que permite analisar se um conjunto de programações de tarefas das equipes poderá ser cumprido, considerando a capacidade restrita de atendimento da base. Tal modelo pode ser usado para tanto validar uma programação quanto para dimensionar corretamente (justificando, por exemplo, um aumento na capacidade de atendimento) a capacidade do centro de atendimento as equipes em campo.

PALAVRAS CHAVE. Otimização. Simulação. Alocação de Técnicos de Campo.

Tópicos (indique, em ordem de PRIORIDADE, o(s) tópico(s) de seu artigo)

ABSTRACT

During the execution of field maintenance activities, it is common for teams to require telephone support from their respective operation bases. However, when observing the reality of an electric power distribution company, it was noted that depending on the scheduling of the teams' tasks, the number of simultaneous calls occurring at specific times can overload the base's support process (which delays the execution of tasks by the teams), as well as cause periods of idleness, which are equally undesirable. This work presents a simulation model that allows for analyzing whether a set of team task schedules can be met, considering the limited capacity of the base's support. This model can be used to both validate a schedule and properly scale (justifying, for example, an increase in support capacity) the capacity of the support center for field teams.

KEYWORDS. Optimization. Simulation. Field Technician Scheduling Problem.

Paper topics (indicate in order of PRIORITY the paper topic(s))

1. Introdução

A distribuição de energia elétrica é o ramo da prestação de serviços responsável pelo fornecimento de eletricidade ao consumidor final. Nesse modelo de negócio, extensas redes elétricas se espalham por regiões metropolitanas e rurais, suprindo energia para residências, indústrias, fazendas e demais fornecedores.

Uma das atividades excetuadas em companhias de fornecimento de energia e que impacta na qualidade de serviço, na lucratividade é a programação de trabalhos para os técnicos de manutenção das redes que atuam em campo. Essa atividade envolve características de problemas presentes na literatura em temas como o Problema de Roteamento de Veículos (VRP), alocação de recursos, criação de rotas, sequenciamento de atividades. Segundo [Xu e Chiu, 2001] ainda há outras características importantes, como: os trabalhos a serem executados exigem especialidades diferentes dos técnicos (tanto em níveis quanto em tipo); os trabalhos podem precisar ser iniciados e concluídos dentro de prazos (janelas de tempo); os tempos de viagem; os trabalhos possuem diferentes níveis de importância ou urgência.

Muitas vezes, o processo de execução de manutenção dessas redes requer a ação conjunta com a central de operações da empresa. Tal central possui capacidade limitada de atendimentos simultâneos, podendo se tornar um gargalo no processo.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar um *framework* de simulação discreta que representa um problema de alocação de técnicos de campo. Tal *framework* tem como entrada a programação completa das equipes e a capacidade de atendimento simultâneo da central de operações. Como resultado, tem-se o impacto dos diferentes acionamentos simultâneos das equipes à central de operações, permitindo analisar o impacto de diversas programações e de ampliações na capacidade operacional existente para apoio aos técnicos em campo. Esse modelo pode ser usado para validar uma programação de um dia das equipes, permitindo a melhor distribuição de trabalho e redução de tempo de ociosidade devido à espera de resposta.

Segundo a metodologia proposta por [Bertrand e Fransoo, 2002], este trabalho é uma pesquisa quantitativa axiomática, que se baseia em modelos que prescrevem uma decisão para um problema por meio de modelos de programação matemática, que pode gerar novos modelos ou variações de modelos existentes, pois, busca-se desenvolver uma variante de um modelo de programação da produção. Ainda segundo os autores, ela também pode ser classificada como uma pesquisa quantitativa axiomática usando simulação, pois, utilizará de ferramentas computacionais de simulação, experimentos para construção dos cenários, análises estatísticas. Ou seja, tem-se aqui uma combinação de pesquisa axiomática usando simulação com pesquisa empírica.

2. Referencial Teórico

A literatura conta com diversos estudos envolvendo o problema de agendamentos de técnicos de campo, entre eles têm o trabalho desenvolvido por [Tsang e Voudouris, 2000] que estudou o problema de agendamento da força de trabalho de uma empresa de telecomunicações. Enquanto o desenvolvido por [Xu e Chiu, 2001] escalonou os técnicos de campo com maior número possível dentro de prazos estabelecidos, para minimizar o tempo total de trabalho e de deslocamento, obedecendo às restrições de habilidade/especialidade e prioridade; estes foram os primeiros que trabalharam este problema por meio da otimização. Em [Cortés e Weintraub, 2011] os autores trabalharam o problema de agendamento de manutenção preventiva e corretiva em clientes da Xerox em Santiago (Chile), cuja demanda é estocástica.

Já [Hertz et al., 2014] projetaram e planejaram um modelo de simulação considerando uma demanda estocástica. O estudo desenvolvido por [Damm et al., 2016] considerou que as tarefas estão localizadas em diferentes locais de uma cidade, janelas de tempo, prioridades, tempos de processamento e técnicos com diferentes habilidades e horários de trabalho. Em [Frits e Bertok,

2021] um modelo de otimização de dois estágios para resolver problemas de operação de serviços de campo, já [Punyakum et al., 2022] estudaram o problema de agendamento e roteamento da força de trabalho para múltiplas visitas e vários períodos para prestação de serviços (mecânico, hidráulico e elétrico) em um campo de colheita de cana-de-açúcar.

Enquanto [Castañé et al., 2019] desenvolveram um *framework* integrado de otimização e simulação que é capaz de analisar operações de serviços de campo que considera eventos estocásticos, incluindo variações no tempo de serviço, tempo de viagem, solicitações de serviços inesperadas. [Çakirgil et al., 2020] desenvolveram um trabalho para agendar e rotear técnicos de campos para uma empresa de distribuição de eletricidade, considerando competências, tarefas geograficamente dispersas e prioridades.

O trabalho desenvolvido por [Çakirgil et al., 2020] é similar ao desenvolvido aqui, se diferenciado com relação à consideração do tipo de *setups*, já [Gamst e Pisinger, 2022] também desenvolveu um modelo similar, cujo objetivo foi avaliar custos para fins de investimento, enquanto aqui se busca um modelo para uso mais efetivo dos recursos existentes.

3. Resultados

As companhias de energia recebem chamados, advindos dos clientes, nas mais diversas categorias. Por categorias, entendem-se como as solicitações de emergência, como falta de energia; os Serviços Técnicos Comerciais (STC), com ligações novas, suspensão, modificação, entre outros; manutenção, com as trocas de materiais, cabos, podas de árvores; inspeção, para perdas não técnicas. Cada tipo de solicitação possui um prazo previsto para a execução, determinado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Caso este prazo não seja cumprido, as companhias de energia são multadas. Além disso, a companhia em estudo busca redução de custo com horas extras, o que será estudado aqui por meio da simulação das rotas de execução dos trabalhos.

O modelo foi desenvolvido utilizando as bibliotecas SimPy, NumPy e Pandas. O algoritmo utilizado na construção do modelo é mostrado na Figura 1.

```
Passo 1: leitura do arquivo com as rotas.  
Passo 2: leitura do arquivo com as coordenadas.  
Passo 3: leitura do arquivo com a programação das ordens.  
Passo 4: leitura do arquivo com os tempos de mobilização e execução.  
Passo 5: realiza a simulação de cada rota passando por cada cliente.  
Passo 6: registra o momento de início e fim de cada processo.  
Passo 7: após a realização de cada ordem verifica se ainda tem ordens para serem executadas.  
Passo 8: se tiver ordens retorna ao passo 5. Caso contrário vai para o passo 9.  
Passo 9: imprime DataFrame
```

Figura 1: Algoritmo do simulador

A entrada do modelo consiste em rotas de clientes pré-determinados para cada equipe, as equipes; por sua vez, cada equipe está vinculada ao tipo de veículo (não é fixo, muda conforme necessidade/disponibilidade). Ainda vinculado aos clientes têm-se as coordenadas para execução do trabalho, as quais são utilizadas para calcular a distância e o tempo de deslocamento. Os tempos de execução e mobilização são escolhidos aleatoriamente.

O processamento do modelo consiste em alocar equipes para as rotas e verificar a viabilidade das rotas acontecerem dentro do turno de trabalho das equipes, considerando a estocasticidade envolvendo os tempos de deslocamento, mobilização, serviço.

O resultado mostra se a rota é possível de ser executada, se sim, segue para o setor responsável; caso contrário, elas voltam para o modelo de otimização para serem redefinidas.

Esta comunicação de modelos ainda será desenvolvida. Ao final do modelo, são impressas as informações de início e fim de cada atividade, em um DataFrame, conforme a Figura 2.

Equipe	cycle	Início deslocamento	Fim deslocamento	Início mob	Fim mob	Início serviço	Fim serviço
0 EQUIPE0	0		0.146459	0.146459	2.146459	2.146459	[21.14645872929923]
1 EQUIPE0	1	[21.14645872929923]	[21.224735411548522]	[21.224735411548522]	[23.224735411548522]	[23.224735411548522]	[24.224735411548522]
2 EQUIPE0	2	[24.224735411548522]	[25.14402582967793]	[25.14402582967793]	[27.14402582967793]	[27.14402582967793]	[32.14402582967793]
3 EQUIPE1	0		0.002313	0.002313	2.002313	2.002313	[21.002313032620762]
4 EQUIPE1	1	[21.002313032620762]	[22.427363181716753]	[22.427363181716753]	[24.427363181716753]	[24.427363181716753]	[25.427363181716753]
5 EQUIPE1	2	[25.427363181716753]	[26.229772996981858]	[26.229772996981858]	[28.229772996981858]	[28.229772996981858]	[33.229772996981858]

Figura 2: DataFrame com os resultados

4. Conclusão

O agendamento de técnicos de campo envolve diversas particularidades. Este trabalho teve como objetivo modelar em um *framework* de simulação discreta para avaliar as rotas de execução de trabalhos de campo das equipes, a fim de evitar desperdícios de tempo devido à sobrecarga de chamadas à central de operações. O modelo se mostrou efetivo para tal avaliação.

Espera-se, em trabalhos futuros, a integração entre esse modelo com algoritmos de otimização, permitindo assim a elaboração de roteiros para as equipes em campo que sejam mais adequadas.

Referências

- Bertrand, J. e Fransoo, J. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2):241–264.
- Castañé, G. G., Simonis, H., Brown, K. N., Lin, Y., Ozturk, C., Garraffa, M., e Antunes, M. (2019). Simulation-based optimization tool for field service planning. In *2019 Winter Simulation Conference (WSC)*, p. 1684–1695.
- Çakirgil, S., Yucel, E., e Kuyzu, G. (2020). An integrated solution approach for multi-objective, multi-skill workforce scheduling and routing problems. *Computers & Operations Research*, 118: 104908.
- Cortés, D. L., M Gendreau e Weintraub, A. (2011). A simulation-based approach for fleet design in a technician dispatch problem with stochastic demand. *Journal of the Operational Research Society*, 62(8):1510–1523.
- Damm, R. B., Resende, M. G., e Ronconi, D. P. (2016). A biased random key genetic algorithm for the field technician scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 75:49–63.
- Frits, M. e Bertok, B. (2021). Routing and scheduling field service operation by -graph. *Computers & Operations Research*, 136:105472.
- Gamst, M. e Pisinger, D. (2022). Decision support for the technician routing and scheduling problem.
- Hertz, P., Cavalieri, S., Finke, G., Duchi, A., e Schönsleben, P. (2014). A simulation-based decision support system for industrial field service network planning. *Simulation*, 90:69–84.
- Punyakum, V., Sethanan, K., Nitisiri, K., Pitakaso, R., e Gen, M. (2022). Hybrid differential evolution and particle swarm optimization for multi-visit and multi-period workforce scheduling and routing problems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 197:106929.
- Tsang, E. e Voudouris, C. (2000). Fast local search and guided local search and their application to british telecom’s workforce scheduling problem. *Operations Research Letters*, 20:119–127.

Xu, J. e Chiu, S. (2001). Effective heuristic procedures for a field technician scheduling problem.
J. Heuristics, 7:495–509.