

MSGVNS: UM ALGORITMO HEURÍSTICO PARA O PROBLEMA DE GERENCIAMENTO DE ESCALA OPERACIONAL DE CONTROLADORES DE TRÁFEGO AÉREO

Bruno Mota Avelar Almeida, Marcone Jamilson Freitas Souza

Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Computação
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
35400-000, Ouro Preto, MG
sgt.avelar@gmail.com

16 de setembro de 2011



Sumário

- 1 Introdução
- 2 Objetivos
- 3 Cronograma
- 4 Metodologia



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Trabalhos da literatura

Problemas relacionados

- Escalonamento de Horários; Mariano(2007), Freitas(2007)
- Escalonamento de Salas de Aulas; Silva *et. al*(2005)
- Escalonamento de Motoristas; Mélló *et. al*(2006)
- Escalonamento de Enfermeiros; Camilo e Stelle(2008)



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Trabalhos da literatura

Cada um desses trabalhos propõe uma solução boa, quando não ótima, para o problema abordado. Essa solução visa ao atendimento de todas as restrições, maximizando o aproveitamento de recursos envolvidos no problema, além de tentar atender ao máximo as preferências das pessoas envolvidas. A diferença entre esses problemas reside, sobretudo, nas regras trabalhistas existentes e em algumas restrições operacionais.

O Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo (PGECTA) tem algumas características desses problemas apontados na literatura, mas difere em algumas, como as descritas a seguir.



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;
- Máximo de 10 pernoites por mês por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;
- Máximo de 10 pernoites por mês por CTA;
- Máximo de 3 pernoites consecutivos por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;
- Máximo de 10 pernoites por mês por CTA;
- Máximo de 3 pernoites consecutivos por CTA;
- Máximo de 6 serviços consecutivos sem um dia inteiro de folga por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;
- Máximo de 10 pernoites por mês por CTA;
- Máximo de 3 pernoites consecutivos por CTA;
- Máximo de 6 serviços consecutivos sem um dia inteiro de folga por CTA;
- Máximo de 6 dias consecutivos de folga por CTA;



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

Cada CTA deve contabilizar ao máximo 20 turnos ao final de cada mês, sendo que as restrições operacionais não devem ser infringidas. As restrições operacionais são:

- Mínimo de 12 CTAs no turno da manhã, 13 no da tarde e 9 no pernoite;
- Máximo de 10 manhãs por mês por CTA;
- Máximo de 10 tardes por mês por CTA;
- Máximo de 10 pernoites por mês por CTA;
- Máximo de 3 pernoites consecutivos por CTA;
- Máximo de 6 serviços consecutivos sem um dia inteiro de folga por CTA;
- Máximo de 6 dias consecutivos de folga por CTA;
- Período mínimo de descanso entre serviços de 1 turno por



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

A complexidade do problema se assenta no fato de o mesmo ter que atender, além das restrições operacionais, restrições como preferências de horários por parte dos controladores



Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo

Caracterização

A complexidade do problema se assenta no fato de o mesmo ter que atender, além das restrições operacionais, restrições como preferências de horários por parte dos controladores

Por exemplo:

Um CTA não pode ou não deseja trabalhar entre os dias 20 e 25 e não poderá trabalhar no turno da manhã entre os dias 5 e 11 do próximo mês. Para este CTA, além das restrições descritas anteriormente, teremos um conjunto de objetivos individuais que poderão ser ou não atendidos.



Objetivos gerais

- Desenvolver um algoritmo heurístico para gerar soluções viáveis e de boa qualidade para o Problema de Gerenciamento de Escala dos Controladores de Tráfego Aéreo (PGECTA).



Objetivos específicos - 1/2

- Revisar a literatura sobre técnicas mais utilizadas para busca de soluções de problemas de escalonamento pessoal;
- Estudar a linguagem de programação C++;
- Gerar um algoritmo que permita a geração automática da escala operacional, vistas as restrições operacionais e individuais dos controladores de tráfego aéreo;
- Reduzir, quando possível, o número de dias de trabalho do controlador de tráfego aéreo;
- Utilizar, no mínimo dois algoritmos de otimização e comparar os resultados;



Objetivos específicos - 2/2

- Contribuir com a formação de recursos humanos especializados nessa área do conhecimento;
- Contribuir para a consolidação das linhas de pesquisa “Otimização e simulação de operações de lavra em minas a céu aberto e subterrâneas” e “Otimização Combinatória” do grupo de Logística e Pesquisa Operacional da UFOP;
- Se possível, produzir um artigo a ser submetido a um periódico nacional.



Cronograma de atividades

Atividades	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Revisão de literatura	X	X						
Estudo da linguagem C++	X	X	X					
Implementação do algoritmo		X	X	X				
Submissão de um artigo nacional				X				X
Elaboração de Proposta de Monografia					X			
Redigir a Monografia						X	X	X
Apresentação do Trabalho								X

Representação de uma solução

Uma solução é representada por uma matriz $E_{|T| \times |D|}$, em que:

- $|T| = 3$, são os três turnos possíveis: manhã, tarde, pernoite.
- $|D|$, são o número de dias do mês em que o escalonamento está sendo executado.



Representação de uma solução

A Figura 1 exemplifica uma possível solução para o PGECTA em um mês hipotético de 4 dias.

$$s = \left[\begin{array}{c|cccc} & \textit{Dia1} & \textit{Dia2} & \textit{Dia3} & \textit{Dia4} \\ \hline \textit{Manha} & e_{0,1} & e_{0,2} & e_{0,3} & e_{0,4} \\ \textit{Tarde} & e_{1,1} & e_{1,2} & e_{1,3} & e_{1,4} \\ \textit{Pernoite} & e_{2,1} & e_{2,2} & e_{2,3} & e_{2,4} \end{array} \right]$$

Figura: Exemplo de Solução para o PGECTA



Representação de uma solução

Cada célula $e_{i,j}$ na matriz da Figura 1 é um vetor *booleano* de tamanho igual ao número de controladores $nCTA$. Ou seja:

$$e_{i,j} = [cta_0, cta_1, cta_2, \dots, cta_{nCTA}]$$



Representação de uma solução

Cada célula $e_{i,j}$ na matriz da Figura 1 é um vetor *booleano* de tamanho igual ao número de controladores $nCTA$. Ou seja:

$$e_{i,j} = [cta_0, cta_1, cta_2, \dots, cta_{nCTA}]$$

Desconsiderando-se as restrições operacionais, podemos exemplificar uma possível escala dos controladores para três turnos do mês hipotético exposto na solução da Figura 1:



Representação de uma solução

Cada célula $e_{i,j}$ na matriz da Figura 1 é um vetor *booleano* de tamanho igual ao número de controladores $nCTA$. Ou seja:

$$e_{i,j} = [cta_0, cta_1, cta_2, \dots, cta_{nCTA}]$$

Desconsiderando-se as restrições operacionais, podemos exemplificar uma possível escala dos controladores para três turnos do mês hipotético exposto na solução da Figura 1:

$$e_{0,1} = [0, 1, 1, 0, 1]$$

$$e_{1,3} = [1, 1, 1, 1, 1]$$

$$e_{2,4} = [1, 0, 0, 0, 1]$$



Estruturas de vizinhança

Para explorar o espaço de soluções do problema foram propostas duas estruturas de vizinhança:



Estruturas de vizinhança

Para explorar o espaço de soluções do problema foram propostas duas estruturas de vizinhança:

Movimento Adiciona e Remove CTA - $N^{AR}(s)$: Este movimento consiste em dar folga a um dado CTA em um turno i do dia j e colocar um outro CTA para trabalhar no lugar deste. Desta maneira, neste movimento uma célula do vetor $e_{i,j}$ muda seu valor de 1 para 0, enquanto uma outra célula deste mesmo vetor mudar seu valor de 0 para 1.



Estruturas de vizinhança

Para explorar o espaço de soluções do problema foram propostas duas estruturas de vizinhança:

Movimento Adiciona e Remove CTA - $N^{AR}(s)$: Este movimento consiste em dar folga a um dado CTA em um turno i do dia j e colocar um outro CTA para trabalhar no lugar deste. Desta maneira, neste movimento uma célula do vetor $e_{i,j}$ muda seu valor de 1 para 0, enquanto uma outra célula deste mesmo vetor mudar seu valor de 0 para 1.

Movimento Troca CTA - $N^T(s)$: Consiste em trocar duas células distintas, ou seja, diferentemente do movimento $N^{AR}(s)$, neste movimento podemos selecionar um CTA de um vetor $e_{i,j}$ e outro CTA de um vetor $e_{n,m}$.



Obrigado pela atenção!



Perguntas?

