

DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DE LOTES DE VAGÕES GDE PARA CARREGAMENTO FERROVIÁRIO DE MINÉRIO DE FERRO

Andressa Loureiro Moretto Barros

Marta Monteiro da Costa Cruz

Universidade Federal do Espírito Santo

RESUMO

O transporte ferroviário de minério de ferro inicia com o envio de vagões vazios aos pontos de carga para atendimento a um programa de carregamento. Para atingir os altos volumes de transporte é fundamental que uma boa programação seja realizada de forma que se obtenha uma maior produtividade dos ativos, isto é, um menor tempo de ativos parados. Neste sentido, torna-se essencial uma ferramenta que realize a distribuição horária de vagões vazios objetivando a redução do ciclo associado e que suporte a tomada de decisão dos programadores de trens. Assim, propõe-se a aplicação de uma técnica de pesquisa operacional, para identificar a melhor distribuição horária dos lotes vazios para carregamento. Verificou-se que este problema é não linear com variáveis inteiras. Pretende-se obter como resultado uma distribuição que reduza o tempo parado do ativo e aumente assim sua produtividade, além de agilizar e tornar padrão o procedimento hoje adotado pelos programadores.

ABSTRACT

Iron ore flow in railroad starts sending idle cars to loading points to accomplish load programs. To achieve a high carrying capacity track, it is extremely important that a well done load programming be elaborated in order to increase assets productivity. In this context, it is essential a tool that performs assets distribution and supports the decisions of programmers team. The purpose of this work is to model and solve the problem of empty wagons distribution with an operation research technique to define its hourly distribution. These assets aiming to reduce idleness increase the whole system productivity besides improving and standardizing the current procedures adopted by programmers.

1. INTRODUÇÃO

A alocação de veículos vazios para carregamento é uma das principais atividades do transporte de carga de uma ferrovia. Fazer uma boa distribuição, considerando as características específicas da ferrovia, significa, além da redução de tempo improdutivo do ativo, atender uma demanda de carregamento com melhor qualidade. A distribuição de lotes vazios para carregamento consiste na tarefa de encontrar a melhor rota entre a origem e o destino em uma malha ferroviária composta de várias linhas e vários pátios intermediários antes de chegar ao destino final. A rota mais conveniente deve ser definida como aquela de menor custo, ou seja, aquela que reduza o tempo improdutivo dos ativos na ferrovia.

Nesse sentido, diversos trabalhos encontrados na literatura estudam a distribuição de veículos vazios, abordando vários métodos de resolução. White e Bomberault (1969) analisaram a distribuição de vagões através do diagrama espaço-tempo onde estão representados os vários caminhos que um veículo pode percorrer em intervalos de tempo, até seu destino final. O modelo desenvolvido no trabalho utiliza o conceito de fluxo em redes, com um método simplex de programação linear e uma formulação que permite considerar as paradas intermediárias entre pontos de suprimento e demanda. Foi utilizado o algoritmo “out-of-kilter” para resolver o problema. Esse algoritmo foi criado por Ford e Fulkerson e é muito conhecido para resolver problemas de custo mínimo. Compreende três fases: a inicial, a primal e a dual.

Assad (1979) em seu trabalho apresenta os modelos que existem na literatura aplicados às ferrovias. Segundo ele, as ferrovias constituem um importante modal de transporte e envolvem um complexo ambiente de tomada de decisão, que precisa ser suportado por modelos analíticos. Ele cita a otimização, filas e modelos de simulação, enfatizando os modelos de otimização por oferecem maior potencial de desenvolvimento. Pode-se formulá-lo como um problema de transporte em uma rede espaço-tempo que tem como objetivo minimizar o custo de transporte. O autor faz um apanhado de pesquisadores e modelos que tratam desse problema, mencionando White e Bomberault (1969) com a utilização de um método out-of-kilter. No seu trabalho Grain (1985) propõe um procedimento de otimização na distribuição de vagões através da aplicação de Programação Linear Inteira, visando a minimização da diferença entre despesa e receita para cada fluxo atendido. Esse problema diferencia-se do problema de alocação de vagões, pois trata de um caso em que a demanda por ponto de carregamento não é pré-determinada, só considerando a capacidade de cada ponto.

Crainic (2002) que em seu trabalho apresenta a questão do planejamento e tópicos de gestão para o transporte de carga em diversos modais, também faz referência aos três níveis de planejamento citados acima que são fundamentais nas políticas de gerenciamento do sistema de transporte. O autor cita que a o problema de alocação de vagões é uma questão desafiadora no transporte que é afetada pela demandas dos clientes e que muitas vezes incorre no desbalanceamento da frota. Uma das principais contribuições nesse campo segundo este autor foi dada por White e Bomberault (1969) que consideraram a perspectiva tempo na modelagem de capacidade, gerando uma rede de baldeação dinâmica, otimizando o fluxo e minimizando o custo, podendo-se aplicar para isso a programação linear e os algoritmos de fluxo em redes. Essa linha de pesquisa é ainda muito utilizada hoje, porém com formulações mais complexas para refletir a realidade.

2. DISTRIBUIÇÃO HORÁRIA DOS LOTES PARA CARREGAMENTO

Para realizar a distribuição horária dos lotes, é necessário, primeiramente, que seja modelada a distribuição diária de lotes vazios na malha ferroviária (Figura 1), onde as restrições operacionais e físicas são consideradas na modelagem de rede. Essa distribuição diária pode ser representada como a rede da figura 1, a seguir (Barros, 2008). Os nós representam os pontos notáveis da ferrovia (pontos de origem, formação/ desmembramento e pontos de carga) e os arcos representam as ligações entre esses pontos. Os pontos de formação e desmembramento são considerados os pontos de transbordo. O objetivo dessa etapa é utilizar as diretrizes descritas no procedimento para a distribuição horária dos trens com seus lotes considerando as particularidades operacionais da malha da ferroviária e que traduza em um menor tempo parado do ativo, com uma melhor utilização do recurso. Como o trabalho em questão é focado na subida de lotes para carregamento e não considera os tempos de parada para os cruzamentos entre os trens, troca de equipagem e abastecimento, para que se tenha um menor tempo de ativo parado, deve-se minimizar o tempo de espera dos lotes nos pontos de carga para carregamento.

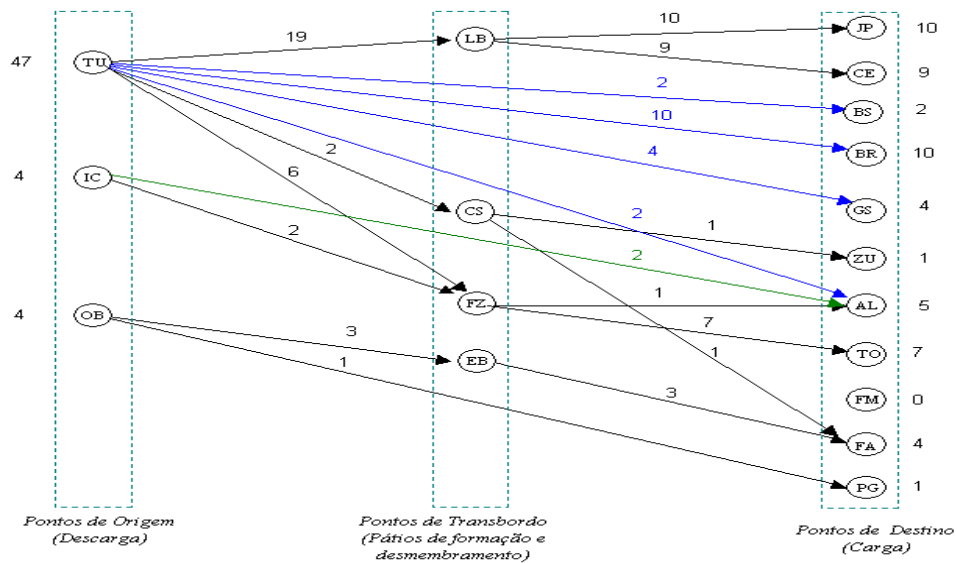


Figura 1 – Distribuição de lotes ferroviários representada com um fluxo em rede

A modelagem proposta é composta em duas etapas, primeiramente da origem ao ponto de transbordo e do ponto de transbordo até o seu destino final. A Tabela 1 apresenta esta sequência.

Tabela 1 – Programação horária dos lotes

Primeira Parte: lotes de TU até o ponto de carga ou até o ponto de transbordo

Origem	Destino	Horário de partida dos trens				
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
TU	AL	0	0	0	0	2
		0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
		0,0	0,0	0,0	0,0	11,5
		0,0	0,0	0,0	0,0	16,5
		0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
TU	FZ	0	0	2	2	0
TU	CS	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
		2	2	0	0	0

Segunda parte: do ponto de transbordo até o ponto de carga

Destino		Horário de partida dos trens				
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
FZ-AL		0	0	1	0	0
		0,0	0,0	5,5	0,0	0,0
		0,0	0,0	9,0	0,0	0,0
		0,0	0,0	11,5	0,0	0,0
		0,0	0,0	3,5	0,0	0,0
FZ-TO		0	0	1	2	0
		0,0	0,0	4,5	5,5	0,0
		0,0	0,0	6,0	8,0	0,0
		0,0	0,0	8,0	12,0	0,0
		0,0	0,0	1,5	2,5	0,0
CS-AL		1	1	0	0	0
		4,0	5,0	0,0	0,0	0,0
		4,0	6,5	0,0	0,0	0,0
		6,5	9,0	0,0	0,0	0,0
		0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
CS-TO		1	1	0	0	0
		2,0	3,0	0,0	0,0	0,0
		2,0	4,0	0,0	0,0	0,0
		4,0	6,0	0,0	0,0	0,0
		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

A função objetivo busca a minimização em horas de fila nos pontos de carregamento, também é possível buscar o valor mínimo do tamanho da fila. Os resultados são apresentados na Tabela 2 que se segue, onde em cada linha é apresentado o tempo em fila em horas de acordo com a programação otimizada.

Tabela 2 – Tempo em fila nos pontos de carregamento e função objetivo

Matriz de Filas		Horário de partida dos trens				
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Rota 1		0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Rota 2		0,0	0,0	3,5	0,0	0,0
Rota 3		0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
Rota 4		0,0	0,0	1,5	2,5	0,0
Rota 5		0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

Função Objetivo **14,50** Tempo total em fila
4,5 Fila máxima

A modelagem testada inicialmente mostrou que as restrições propostas para o modelo foram atendidas, como o problema é não-linear com restrição de variáveis inteiras, verificou-se que o tempo de processamento pode ser um fator limitante caso haja um aumento das variáveis do problema. Ainda está sendo estudado o melhor aplicativo computacional capaz de atender a necessidade de problemas de maior porte. Outra questão não tratada nesta modelagem é a questão da variabilidade das estimativas de tempo de operação e de deslocamento, sendo tratado neste trabalho como constantes.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O problema de alocação de lotes vazios é extremamente complexo, especialmente pela quantidade de variáveis existentes e pela série de restrições físicas e operacionais apresentadas na malha ferroviária. Outra dificuldade encontrada é a inserção da variável tempo na resolução desse problema. Na literatura estudada, vários autores utilizam o conceito de rede espaço/tempo e desenvolvem heurísticas próprias para a resolução do problema, sempre considerando o tempo como uma variável dinâmica. Não foi encontrada nenhuma abordagem na literatura que pudesse ser aplicada ao problema em questão, uma vez que cada sistema possui características específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, A.A. (1980). Models for rail transportation. *Transportation Research – A*, s.l.: v. 14A, p.205-220.
- BARROS, A. (2008) *Distribuição horária de lotes de vagões GDE para carregamento de minério na EFVM* – Monografia - Curso de Especialização de Transportes Ferroviário de Carga – Instituto Militar de Engenharia
- CRAINIC, T.G. A (2002), Survey of optimization models for long-haul freight transportation. CRT-2002-05. Montreal. Disponível em: <<http://www.crt.umontreal.ca/~theo/cours/longhaul.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2008.
- GRAIN, M. T. F. (1985) Otimização da Distribuição de Vagões. 1985. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Transporte) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro – RJ.
- WHITE, W. W.; BOMBERAULT, A. M. (1969) A Network Algorithm for Empty Freight Car Allocation. *IBM Syst. Journal* 8, p. 147-169.
- ZHANG, X.; FENG, M.; ZHANG, Z. (2003) Study on an optimized model and algorithm of railway empty wagon distribution in China. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Beijing, v. 5

Andressa L. Moretto Barros (andressamoretto@yahoo.com.br)

Marta Monteiro da Costa Cruz (mcruz@npd.ufes.br)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo

Av. Fernando Ferrari, Nº 514, Goiabeiras, Vitória, Espírito Santo, Brasil