

5 Conclusão

Neste trabalho foram apresentadas formulações para o *Problema de Planejamento de Atendimento*, considerando as várias características do problema, como consumo de vagões, consumo de locomotivas, multi-periodicidade, entre outras. Técnicas e algoritmos para a redução do problema foram apresentados com a intenção de uma melhor resolução de instâncias grandes.

A partir do *Problema de Planejamento de Atendimento* foram introduzidos outros dois problemas que surgem neste cenário, o *Problema da Análise de Congestionamento* e o *Problema da Determinação de Paradas*. Foram fornecidas as extensões necessárias à formulação original para a solução de ambos os problemas.

O problema principal e os dois problemas que surgem deste puderam ser resolvidos em um tempo razoável para a grande maioria de instâncias testadas. Para todas elas, soluções ótimas foram encontradas. Com isto, estas formulações podem ser usadas para atingir uma grande melhoria na operação da ferrovia.

Estes resultados indicam que a evolução dos sistemas computacionais e dos resolvidores de problemas de otimização (*LP* e *MIP*) chegou a um ponto que, na maioria dos casos, como neste trabalho, pode-se utilizar com sucesso esta abordagem direta de resolução em problemas reais, o que era impensável até alguns anos atrás, principalmente para problemas com uma quantidade de dados tão grande. Alguns cuidados devem ser tomados para que se possa eliminar o máximo de variáveis e restrições possível para que o problema possa ser resolvido de maneira eficiente. Sendo possível esta abordagem, algumas vantagens podem ser obtidas, como a obtenção de um código mais fácil e rápido de implementar e manter e, com isto, um menor tempo de desenvolvimento e aumento da produtividade.

Como o *Problema de Planejamento de Atendimento* é um problema de nível tático, as soluções encontradas servem para criar uma previsão dos atendimentos a longo prazo e até para montar as grades dos trens em cada sub-período. Efetuando uma análise mais profunda em suas soluções, a empresa operadora da malha ferroviária pode obter muitas informações importantes sobre a operação

malha, entre elas estão:

- Trechos
Determinação de trechos cujas capacidades estão sendo fatores limitantes para um maior atendimento de demandas. Previsões sobre o impacto causado pela construção de novos trechos na malha ou na desativação dos mesmos.
- Vagões
Novos vagões a serem adquiridos, pois há como saber como os atendimentos seriam alterados caso houvesse um maior número de vagões de um certo tipo.
- Locomotivas
Um melhor aproveitamento da tração, pois existe a possibilidade de testar vários acoplamentos entre as locomotivas, acoplamentos nunca testados na prática podem ser utilizados.
- Demandas
Uma melhor escolha entre novos clientes, pois como as demandas podem gerar custos indiretos que podem ser obtidos na solução do problema.

Vários detalhes operacionais não foram considerados pela formulação pois podem variar de ferrovia para ferrovia. Mesmo assim, as alterações para a inclusão destes detalhes, na maioria dos casos, é uma operação bastante simples. Entre os principais, podem ser citados:

- Locotrol
Existe uma forma de acoplar as locomotivas de forma a distribuí-las pelo trem, em vez de colocá-las todas na frente. Desta forma, pode-se atingir uma maior geração de tração com um menor consumo de combustível.
- Trem Expresso
Os trens expressos são sempre compostos pelas mesmas locomotivas e associados à mesma rota, possuindo paradas certas. Desta forma, seus tempos de percurso e parada são bem conhecidos e melhores que a estimativa fornecida.

Uma característica importante presente na malha que não é considerada pela formulação descrita neste trabalho ocorre quando os vagões são trocados de rotas. Na vida real, os vagões, quando chegam em um pátio e são desanexados de um trem para trocar de rota, têm que aguardar até a chegada do outro trem para serem anexados e seguirem viagem em outra rota. Esta espera pode durar bastante tempo, sendo que este tempo deve ser contabilizado no consumo de

vagões. Com as informações dos horários dos trens e com as estimativas dos tempos das operações na malha, a diferença dos tempos de chegada entre dois trens pode ser estimada. A formulação matemática para resolver este problema está em fase de desenvolvimento e futuramente será incluída na formulação aqui apresentada.