

4 Conclusão

Foram apresentadas formulações e algoritmos de pré-processamento e decomposição para dois problemas importantes na operação de uma ferrovia, baseados no modelo de multifluxos. Ambos puderam ser resolvidos em um tempo razoável para a maioria das instâncias testadas, fornecendo uma solução ótima ou quase ótima em todos os testes feitos. Com o auxílio desses modelos de otimização, espera-se uma melhora significativa no planejamento e operação da ferrovia.

Estes resultados indicam que a evolução dos sistemas computacionais e dos resolvidores de MIP já é tanta que, em alguns casos, como nestes tipos de modelo, pode-se tentar com sucesso esta abordagem direta de resolução para resolver problemas reais, o que era impensável até pouco tempo atrás, principalmente para problemas de tamanhos tão grandes. Cuidados devem ser tomados para que se possa eliminar o máximo de variáveis possíveis para que o problema possa ser resolvido de maneira mais eficiente e também alguns cuidados com o ajuste de parâmetros dos resolvidores e com a utilização de alguns de seus recursos para melhorar a performance. 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 de produtividade.

Os modelos, formulações e algoritmos desenvolvidos já foram implementados e transformados em produtos completos, possuindo uma interface gráfica amigável para a análise dos resultados, relatórios e interface para importação e exportação de dados para outros softwares comerciais. Todos estes recursos computacionais são tão essenciais quanto o modelo e os algoritmos na construção de um sistema de apoio à decisão real, pois permitem uma análise da imensa quantidade de dados obtidos na solução do mesmo, obtendo a informação de uma maneira organizada e filtrada para o melhor entendimento.

É importante notar que em ambos os problemas existem limitações aos modelos. No *PPA*, o modelo assume uma distribuição uniforme da demanda ao longo do período considerado, não considerando a ordem em que as demandas

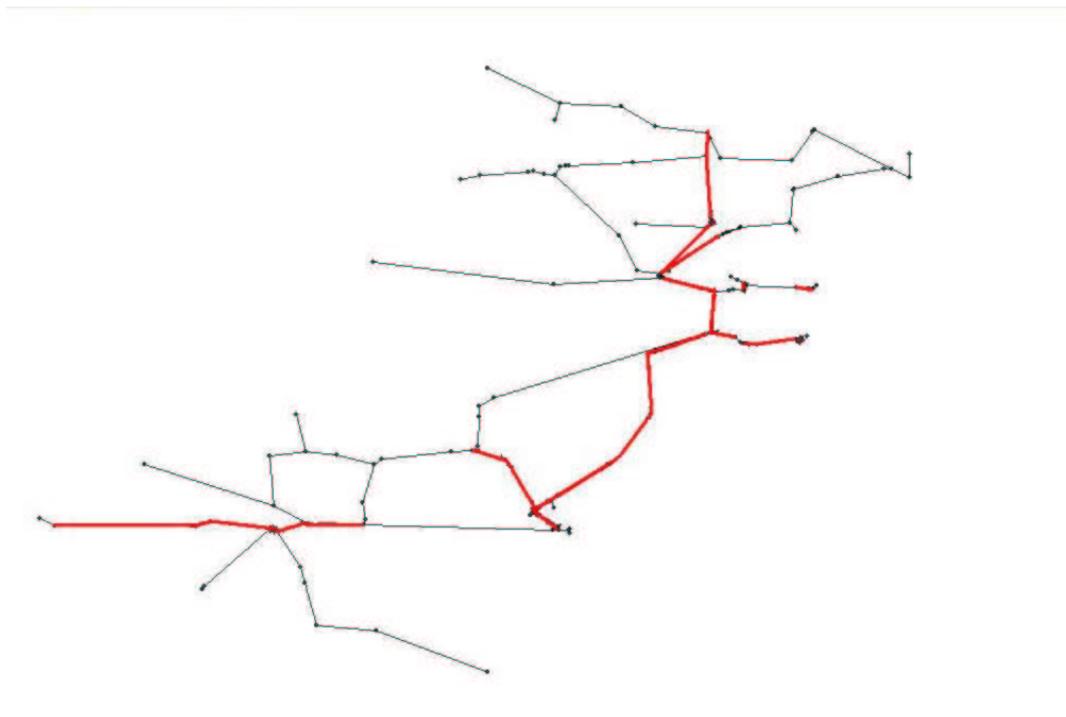


Figura 4.1: Trechos da malha muito utilizados (em vermelho).

serão atendidas. Essa limitação impede que uma estimativa mais realista seja feita, por ignorar tais detalhes de operacionalização, mas mesmo assim é uma estimativa válida que ajuda a nortear o plano mensal de atendimento. Outra limitação desse modelo é a estimativa das capacidades dos trechos. A capacidade de cada trecho não pode ser estimada puramente por características físicas de cada trecho, mas deve levar em conta também os trens que passam por lá. Portanto, um primeiro planejamento de trens deve ser feito para se estimar as capacidades necessárias. A partir da saída do *PPA* pode-se avaliar esse primeiro planejamento de trens e realizar alterações para torná-lo um planejamento real para o mês. Além disso, não há restrições que estimem a capacidade existente das locomotivas. Tais restrições já estão sendo discutidas, porém como elas ainda não foram formalmente definidas, elas não foram incluídas nesta dissertação.

Já o modelo para o *PFV* possui limitações na medida que assume que os tempos de todas as operações é pré-determinado, o que não é verdade. Os tempos de carregamento, descarregamento, anexação e desanexação dependem de inúmeros fatores, a maioria difícil de se prever, possuindo, portanto, uma natureza fortemente aleatória. Contudo, a hipótese é válida para se obter uma previsão de funcionamento com tempos médios para cada operação e tomar decisões utilizando tais dados. Além disso, há outros inúmeros detalhes operacionais que variam de ferrovia para ferrovia que não são considerados, como a possibilidade de atrasar ou adiantar um trem para esperar vagões, a possibilidade de restringir

o número de vagões alocados dia-a-dia para atender a cada cliente, e inúmeros outros que devem ser levados em conta ao operar uma ferrovia.

Apesar das restrições acima, os dois modelos são extremamente úteis para se realizar um bom planejamento e operação de uma ferrovia. Desde que se tenha a devida atenção para essas limitações, a utilização dos modelos permite uma análise profunda de diversos aspectos da ferrovia, inclusive sendo possível realizar análises diferentes do propósito original, conforme descrito abaixo.

O *PPA* pode ser utilizado:

- em um nível estratégico para analisar o impacto que pode ter uma mudança drástica, como a construção de novas instalações, compra de novos equipamentos, desativação de equipamentos/instalações, ou mesmo em um nível tático, analisando mudanças menos drásticas como a tentativa de reduzir o tempo de viagem em alguns trechos, antes de realmente pôr em prática estas mudanças.
- para fazer outras análises em cima dos resultados obtidos, como por exemplo descobrir clientes ou características de demandas que não estão sendo muito rentáveis, pois acarretam custos indiretos maiores do que os lucros gerados pelo seu atendimento.
- para obter uma análise de desempenho, comparando a solução ótima obtida com a operação real da ferrovia, descobrindo o quanto um difere do outro, o quanto se perde com isto e o quanto é possível se aproximar desta meta.
- também, conforme mostra a figura 4.1, para saber quais são os trechos cujas capacidades estão sendo fatores limitantes para um maior atendimento de demandas.

Já o *PFV* pode ser utilizado:

- em um nível mais tático, auxiliando no problema de decidir a montagem da grade de trens para o próximo período. Um conjunto de propostas para a grade de trens pode ser avaliado rodando o *PFV*, utilizando um conjunto de possíveis demandas previstas como entradas.
- em um nível mais estratégico, analisando alterações no tamanho da frota e nas capacidades dos pátios, avaliando o impacto no nível operacional.

Além de diversas extensões para os dois modelos – como a inclusão de serviço de frete multimodal para ambos – e a definição de um melhor critério para a decomposição em ciclos do *PPA* e para a decomposição de fluxos do *PFV*, futuros trabalhos incluem a modelagem e resolução dos outros problemas apresentados na introdução.