

8 Conclusão

Neste trabalho foi abordado o problema de roteirização de materiais perigosos (MP) como um modelo de redes multiobjetivo considerando eventos de baixa probabilidade e alta consequência e a equidade na distribuição espacial do risco entre diferentes zonas populacionais, além de buscar um resultado satisfatório perante o cenário que retrata conflitos existentes entre os objetivos do modelo proposto. Através de um exemplo numérico foi mostrada a potencialidade deste modelo proposto.

Como primeiro passo foi apresentado um modelo de programação fraccional linear para a roteirização de MP considerando múltiplos embarques, o qual foi comparado com o modelo proposto por Sherali *et al.* (1997). A principal implicância do modelo para múltiplos embarques foi alcançar para o MP considerado, uma distribuição de fluxo cuja esperança condicional da consequência, dado que um acidente catastrófico tenha ocorrido sobre uma das rotas selecionadas, seja menor ou igual do que enviar todos os embarques por uma mesma rota. Além disso, o modelo considera o risco de todos os envios, permitindo representar de uma melhor forma o risco total exposto pelos embarques de um mesmo material sobre as zonas residenciais. Através dos pressupostos de Gopalan *et al.* (1990), foi estruturada a condição de equidade e aceitabilidade zonal para o modelo multiobjetivo proposto.

O próximo passo foi incluir na condição de equidade os níveis de risco, densidade demográfica associada a cada zona, percentual de cada zona nos arcos da rede de transporte apresentada e, finalmente, a área potencialmente exposta. A partir daí foi definido o modelo matemático multiobjetivo e a metodologia a ser utilizada para a obtenção da solução ótima. Essa metodologia está baseada no critério da otimalidade paretiana, o qual busca encontrar um compromisso ou equilíbrio entres os objetivos do modelo através da formação de um conjunto eficiente de possíveis soluções.

O resultado alcançado no item 7.5, Determinação da Alternativa Ótima, para a métrica $\pi = \infty$ mostra que o modelo distribui o fluxo de MP na rede de transporte garantindo a equidade do risco, pois o embarque de MP foi repartido por duas rotas distintas e além disso a solução ótima encontrada para o problema coincide com o nível de importância especificado para cada um dos atributos do modelo multiobjetivo.

Como complemento, o resultado final obtido através desse modelo e da metodologia da Programação Multiobjetiva, comprova também que sua utilização permite diminuir a população potencialmente exposta durante o transporte de MP, distribuindo de forma mais equitativa os riscos entre as zonas, buscando que se minimize o risco de acidentes com múltiplas fatalidades, o conjunto de viagens de maior risco seja efetuada por zonas menos perigosas e vice-versa, a exposição total dos riscos desta atividade, dentro de cada centro populacional, esteja dentro de limites aceitáveis, mantendo um nível de equidade na distribuição espacial do risco entre os diferentes centros populacionais.

8.1 Recomendações para Trabalhos Futuros

Para o modelo multiobjetivo proposto neste trabalho recomenda-se a aplicação para um caso real, ou seja, realizar um estudo de caso na região metropolitana de qualquer capital do Brasil ou do mundo, da mesma forma que A. Bronfman (2001) aplicou seu modelo na cidade de Santiago de Chile.

Além disso, este trabalho pode ser complementado desenvolvendo-se um plano de contingência para acidentes no transporte de materiais perigosos, caracterizando cada tipo de material perigoso que é comumente transportado, através da enumeração dos riscos e cuidados que devem ser tomados ao contato.

Como terceira recomendação, estimar o rateio das conseqüências (custos) entre as áreas envolvidas, meio ambiente, população, governo e empresas, por exemplo, seria uma maneira interessante de complementar e aprofundar o estudo realizado.

Aplicar este modelo para mais de um tipo de material perigoso também é recomendado. Adicionalmente, sugere-se utilizar a método AHP para determinar

os pesos para cada objetivo. Avaliar o risco na distribuição de materiais perigosos através de dutos também é recomendado.