OTIMIZAÇÃO INTEGRADA DA ALOCAÇÃO DE ESTUDANTES E LOGÍSTICA DO TRANSPORTE ESCOLAR: UMA ABORDAGEM VIA PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA MISTA

Yago Lourenço da Rosa, Moacyr Carlos Possan Junior

INTRODUÇÃO

A pesquisa trabalhada tem como objetivo desenvolver um modelo de otimização para o problema de alocação de alunos em escolas, considerando limitações como capacidade das instituições, demanda por vagas e níveis de prioridade entre os alunos. Distribuir vagas escolares é um problema complexo, pois envolve não apenas atender toda a demanda, como também considerar distância, custo de deslocamento e situações de vulnerabilidade. Porém, muitos municípios brasileiros esbarram na limitação de realizar a tarefa manualmente com a utilização de planilhas, o que leva a uma dificuldade maior no processo e reduzindo a transparência para as famílias.

A área de pesquisa operacional oferece ferramentas vantajosas para lidar com esse tipo de problema, principalmente por meio da Programação Linear Inteira Mista (PLIM) (HILLIER; LIEBERMAN, 2013), que permite representar matematicamente o problema a partir de um conjunto de variáveis, restrições e uma função objetivo. Logo, o modelo desenvolvido busca minimizar o custo total de alocação, ao mesmo tempo em que prioriza alunos com maior necessidade, distribuindo-os de forma mais adequada e próxima da solução ótima.

DESENVOLVIMENTO

Em parceria com a Secretaria de Educação do município de Ibirama, o trabalho construído foi pensado no caso enfrentado pela cidade. Inicialmente, constatou-se que a situação em questão se trata de uma alocação de alunos, agrupados pela zona onde residem, turma que frequentam, turno desejado e o nível de prioridade. Estes devem ser distribuídos entre diferentes escolas que possuem capacidade limitada. Portanto, foram identificados três pontos principais que seriam utilizados:

- Demanda: quantidade de alunos por zona, turma, turno e nível de prioridade;
- Capacidade: número máximo de vagas disponíveis em cada escola, turma e turno;
- Custo: valor atribuído ao deslocamento entre zona e escola.

Levando em consideração a existência de alunos com algum tipo de prioridade, atribuindo pesos seguindo a Tabela 1 – Prioridades estabelecidas pelo Decreto do COMED (Conselho Municipal de Educação) nº 5.732, de outubro de 2025, onde eles mostram quais são os critérios e quais os níveis de preferência dos mesmos, permitindo sua tradução em pesos numéricos. Logo, este anexo é utilizado diretamente como um parâmetro do modelo, servindo para definir os pesos de prioridade na função objetivo. Para isso, os alunos seriam divididos em grupos de acordo com os seus níveis de prioridade, alunos enquadrados em níveis mais altos recebem maior peso na função de custo, influenciando na solução ótima encontrada pelo modelo. Por ser um problema de alocação de alunos, o modelo é semelhante ao problema de transporte, um clássico da pesquisa operacional apresentado em Hillier e Lieberman (2013), em suma, onde você tenta distribuir recursos minimizando custo. Sendo esse o ponto de partida principal para a construção da pesquisa.

Para a implementação, foi tomada a decisão de utilizar a linguagem Julia, a biblioteca JuMP e o solver HIGHS. A variável de decisão do modelo, representada por x[z,p,(e,s,t)], indica a quantidade de alunos da zona z, com nível de prioridade p, alocados na escola e, turma s e turno t. Os conjuntos considerados no modelo incluem as zonas (Z), escolas (E), turmas (S), turnos (T) e níveis de prioridade (P). Já como parâmetros, são utilizados a demanda de alunos por grupo (dzstp), a capacidade das escolas (capest) e o custo de deslocamento entre zona e escola (cze). A função objetivo

busca minimizar o custo total de alocação, considerando a prioridade dos alunos por meio de pesos, fazendo com que alunos mais prioritários tenham maior influência na decisão.

As principais restrições são a restrição de demanda, que garante que todos os alunos sejam alocados, e a restrição de capacidade, que determina que nenhuma escola pode receber mais alunos do que sua quantidade de vagas. O modelo então é resolvido usando um solver, que encontra a melhor solução possível respeitando todas as restrições.

RESULTADOS

Para análise da utilização das escolas, os resultados foram organizados por escola, somando o total de alunos alocados em cada uma e comparando com a sua capacidade. Com isso, foi possível observar que algumas escolas foram ocupadas totalmente ou próximo a isso, enquanto outras ainda apresentavam mais vagas ociosas. Um exemplo disso é a Escola 3, que recebeu uma grande quantidade de alunos, indicando alta taxa de ocupação. Já a Escola 12 apresentou uma ocupação menor em comparação com as demais. Tornando assim possível entender onde sobram vagas para a realocação ou adição de alunos quando necessário.

Em relação às limitações, o modelo ainda não considera preferências individuais e, caso seja necessário modificá-lo, é preciso que alguém com conhecimento faça essa edição diretamente no modelo, não sendo facilmente alterado e também não sendo de fácil visualização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o modelo atende o seu objetivo apresentado, pois realiza a alocação de alunos buscando a solução ótima e respeitando todas as restrições. Foi possível observar que a inclusão de prioridades influencia diretamente no resultado, tornando a distribuição mais adequada em relação aos alunos que possuem alguma necessidade de prioridade. Contudo, como melhoria futura, o modelo pode ser expandido para incluir novos critérios, moldando para uma solução muito mais próxima de situações reais.

Palavras-chave: alocação de alunos; otimização; pesquisa operacional; programação linear inteira mista.

ANEXOS

Critérios	Prioridades
Criança com deficiência	15 pontos
Solicitação judicial ou situação de risco	5 pontos
Mãe Adolescente	4 pontos
Monoparentalidade	3 pontos
Beneficiário de programa de transfêrencia de renda	2 pontos

Irmãos estudam na unidade	1 ponto
Trabalho pais/responsáveis	1 ponto

Tabela 1 – Prioridades estabelecidas pelo decreto do COMED (Conselho Municipal de Educação) nº 5.732, de outubro de 2025.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMED. Decreto nº 5.732, de outubro de 2025. Conselho Municipal de Educação de Ibirama, 2025.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.