

I. Nome do artigo:

Minimização dos custos de transportes rodoviário florestal com o uso da programação linear e otimização do processo.

II. Nome dos autores:

Pedro Giovani Lacowicz

Ricardo Berger

Romano Timofeiczuk Júnior

João Carlos Garzel Leodoro da Silva

III. Local de publicação:

Revista FLORESTA

IV. A função objetivo do problema

$$\text{Minz} = \sum_{i=1}^{35} \sum_{j=1}^{17} (C_v \cdot X_{ij}) + \sum_{i=1}^{35} (C_f \cdot Y_i)$$

Minimizar o custo total diário da frota

V. Variáveis de decisão do problema

X_{ij}	Número de viagens do caminhão i na fazenda j (diário)
Y_i	Variável binário 0 ou 1 ("0" se o caminhão for eliminado e "1" se o caminhão continuar no transporte da empresa)
C_v	Coeficiente de custo variável por viagem de cada caminhão i na fazenda j
C_f	Coeficiente de custo fixo diário do caminhão i

VI. Restrições do problema

a. Quanto à capacidade de carga dos caminhões e necessidade da indústria

Cada tipo de veículo possui uma capacidade máxima de carga expressa em toneladas. O somatório da capacidade de cargas dos veículos de transporte, multiplicado pela quantidade de viagens diárias realizadas nas diferentes fazendas, deve ser maior ou igual à necessidade diária da indústria.

$$a_{1,1} \cdot X_{1,1} + a_{2,1} \cdot X_{2,1} + a_{3,1} \cdot X_{3,1} + a_{4,1} \cdot X_{4,1} + \dots + a_{i,j} \cdot X_{i,j} \geq NI$$

Onde:

$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, \dots, a_{i,j}$ = Capacidade de carga em toneladas por caminhão por fazenda;

$x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,1}, \dots, x_{i,j}$ = Número de viagens do caminhão 1, 2, ..., i na fazenda 1, 2, ..., j;

NI = Necessidade diária da indústria.

b. Quanto ao tempo de ciclo de transporte

O tempo de ciclo médio de transporte para cada caminhão i nas diferentes fazendas j, multiplicado pelo número de viagens para a respectiva fazenda, não deve ultrapassar a carga horária média de trabalho dos motoristas dos caminhões. Para isto, foi assumido que a carga horária máxima dos motoristas não deve ultrapassar a carga horária diária de 16 horas (2 motoristas, com 1 turno de 8 horas cada um).

$$b_{1,1} \cdot X_{1,1} + b_{1,2} \cdot X_{1,2} + b_{1,3} \cdot X_{1,3} + b_{1,4} \cdot X_{1,4} + \dots + b_{1,j} \cdot X_{1,j} \leq CHm_1$$

Onde:

$b_{1,1}, b_{1,2}, b_{1,3}, \dots, b_{1,j}$ = Coeficiente de tempo de ciclo do caminhão 1 na fazenda 1, 2, ..., j;

$X_{1,2}, X_{1,3}, X_{1,4}, \dots, X_{1,j}$ = Número de viagens do caminhão 1 na fazenda 1, 2, ..., j;

CHm_i = Carga horária diária dos motoristas do caminhão i

c. Quanto ao tempo de carga dos caminhões

Levou-se em consideração o tempo de carga dos diferentes tipos de caminhões, ou seja, o somatório dos tempos de carga dos diferentes veículos i, realizados na fazenda j, que não deve ultrapassar a carga horária média diária de trabalho do operador do carregador na fazenda j. A carga horária média diária dos operadores é de 16 horas (2 operadores, com 1 turno de 8 horas cada um).

$$c_{1,1} \cdot X_{1,1} + c_{2,1} \cdot X_{2,1} + c_{3,1} \cdot X_{3,1} + c_{4,1} \cdot X_{4,1} + \dots + c_{i,j} \cdot X_{i,j} \leq CHc_{j,1}$$

Onde:

$c_{1,1}, c_{2,1}, c_{3,1}, \dots, c_{i,j}$ = Coeficiente de tempo de carga do caminhão 1, 2, ..., i, na fazenda j;

$X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1}, \dots, X_{i,j}$ = Número de viagens do caminhão 1, 2, ..., i na fazenda j;

CHc_j = Carga horária diária do operador da fazenda J.

d. Quanto à disponibilidade de madeira da fazenda

Cada fazenda possui uma disponibilidade máxima diária de madeira, que varia de fazenda para fazenda. O somatório de todas as cargas dos diferentes tipos de caminhões i, na fazenda j, não deve ultrapassar a disponibilidade máxima diária de madeira da fazenda j.

$$a_{1,1} \cdot X_{1,1} + a_{2,1} \cdot X_{2,1} + a_{3,1} \cdot X_{3,1} + a_{4,1} \cdot X_{4,1} + \dots + a_{1,j} \cdot X_{1,j} \leq Dmf_j$$

Onde:

$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, \dots, a_{i,j}$ = Coeficiente de carga em toneladas do caminhão i na fazenda j;

$X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1}, \dots, X_{ij}$ = Número de viagens do caminhão 1, 2, ..., i, na fazenda j;

DMf_j = Disponibilidade de madeira na fazenda j.

e. Quanto ao comprimento da madeira a ser transportada

Cada caminhão, que opera na empresa, possui equipamento que pode ou não transportar todas as medidas ou comprimentos de toras disponibilizadas pelas fazendas. Como cada fazenda disponibiliza certa quantidade de medidas de madeira, e alguns caminhões estão restritos ao transporte desse determinado comprimento de madeira devido ao tipo de equipamento que possui, a somatória das cargas dos caminhões, que não estão restritos ao transporte desse comprimento de madeira, deve ser igual ou inferior ao total do comprimento de madeira disponibilizada pela fazenda, cujo comprimento não seja restrito a este caminhão.

$$a_{1,1} \cdot X_{1,1} + a_{2,1} \cdot X_{2,1} + a_{3,1} \cdot X_{3,1} + a_{4,1} \cdot X_{4,1} + \dots + a_{ij} \cdot X_{ij} \leq DMf_{j/c}$$

Onde:

$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, \dots, a_{ij}$ = Coeficiente de carga em toneladas do caminhão i por fazenda j/c;

$X_{1,1}, X_{2,1}, X_{3,1}, \dots, X_{ij}$ = Número de viagens do caminhão 1, 2, ..., i, na fazenda j/c;

$DMf_{j/c}$ = Disponibilidade de comprimento de madeira na fazenda j/c.

f. Quanto à carga horária mínima de trabalho (utilização da variável binária Y_i)

O estabelecimento de uma carga horária mensal mínima tem por objetivo eliminar os caminhões que estão em excesso no processo produtivo da empresa, através do aumento da carga horária média diária dos caminhões que deverão permanecer no transporte da empresa. Para isto, foram utilizados os tempos de ciclo de transporte de cada veículo e, estes coeficientes de tempo de ciclo de transporte, multiplicado pelo número de viagens realizadas por um determinado caminhão, numa determinada fazenda, não deve ser inferior a 280 horas mensais, o que equivale a uma carga horária mínima diária de 14 horas.

$$(b_{1,1} \cdot X_{1,1} + b_{1,2} \cdot X_{1,2} + b_{1,3} \cdot X_{1,3} + b_{1,4} \cdot X_{1,4} + \dots + b_{1,j} \cdot X_{1,j}) - (CM_1 \cdot Y_1) \geq Zero$$

Onde:

$b_{1,1}, b_{1,2}, b_{1,3}, \dots, b_{1,j}$ = Coeficiente de tempo de ciclo do caminhão 1 na fazenda 1, 2, ..., j;

$X_{1,1}, X_{1,2}, X_{1,3}, \dots, X_{1,j}$ = Número de viagens do caminhão 1 na fazenda 1, 2, ..., j;

CM_i = Carga horária mensal mínima do caminhão i;

Y_i = Variável binária "0" ou "1".