

## Resolução Problema do Avião cargueiro

- Roteiro:

- **Natureza do problema de otimização:**

R = É um problema de maximização do lucro final da carga.

- **Conjunto de variáveis:**

R = São 12 variáveis inteiras não negativas que afetam a função objetivo, que é a distribuição de 4 cargas em 3 compartimentos ( $4 \times 3 = 12$ ). O cromossomo será composto então por 12 genes:

- cd1: Peso da carga 1 no compartimento dianteiro;
- cd2: Peso da carga 2 no compartimento dianteiro;
- cd3: Peso da carga 3 no compartimento dianteiro;
- cd4: Peso da carga 4 no compartimento dianteiro;
- cc1: Peso da carga 1 no compartimento central;
- cc2: Peso da carga 2 no compartimento central;
- cc3: Peso da carga 3 no compartimento central;
- cc4: Peso da carga 4 no compartimento central;
- ct1: Peso da carga 1 no compartimento Traseiro;
- ct2: Peso da carga 2 no compartimento Traseiro;
- ct3: Peso da carga 3 no compartimento Traseiro;
- ct4: Peso da carga 4 no compartimento Traseiro;

- **Função objetivo:**

R = O objetivo é maximizar o lucro, o cálculo usado para isso é a soma dos valores de cada carga contidas no avião. Observe a tabela a seguir:

Carga	Peso (ton)	Volume (m <sup>3</sup> /ton)	Lucro (R\$/tonelada)
C1	18	480	310
C2	15	650	380
C3	23	580	350
C4	12	390	285

As cargas não foram interpretadas em Toneladas e sim em Quilogramas na intenção de aumentar a precisão das 12 variáveis. Os preços das cargas, por KG, são respectivamente: 0.31, 0.38, 0.35, 0.285. Primeiramente é somado o peso total de cada carga contida no avião, em seguida é multiplicado pelo seu respectivo valor. Logo obtemos a seguinte função objetivo:

$$\text{Lucro} = (\text{pesoCarga1} * \text{valorCarga1}) + (\text{pesoCarga2} * \text{valorCarga2}) + (\text{pesoCarga3} * \text{valorCarga3}) + (\text{pesoCarga4} * \text{valorCarga4})$$

- **Função fitness:**

R = Foi preciso estimar um valor superior que, neste trabalho, foi usado um valor superior empírico de 12500, devido ao valor máximo conquistado pelo professor (na faixa dos R\$12.150) e também pelos meus testes, nenhuma solução chegou a ultrapassar o lucro de R\$12.000. Com isso, a função fitness é basicamente a função objetivo dividida pelo valor superior, ou seja: **Lucro/12500**.

○ **Restrições e satisfação:**

R = Foi utilizado 15 restrições, sendo:

- 4 restrições quanto ao peso das cargas. Quanto maior for a diferença entre o peso carregado e o peso da carga, maior será a penalização.
- 3 restrições quanto ao peso dos compartimentos do avião. Quanto maior for a diferença entre o peso carregado no compartimento e a sua capacidade máxima, maior será a penalização.
- 3 restrições quanto ao volume dos compartimentos do avião. Quanto maior for a diferença entre o volume carregado no compartimento e a sua capacidade máxima, maior será a penalização.
- 3 restrições quanto a proporção de cada compartimento do avião. Quanto maior for a diferença entre a proporção do compartimento e a proporção ideal (peso máximo do compartimento / peso máximo do avião), maior será a penalização.
- 2 restrições quanto aos limites do avião, ao querer maximizar o lucro, obviamente é preciso preencher o avião ao máximo tanto em peso quanto em volume, Quanto maior for a diferença entre peso e volume e os limites do avião, maior será a penalização.

O valor da soma de todas as penalizações servem de decremento para a função fitness. Todas as penalizações contém o mesmo peso pois foram normalizadas (15 restrições = 6.66% cada). As funções penalizadoras devidamente comentadas podem ser visualizadas no código.

○ **Solução final:**

R = Vale lembrar que o algoritmo genético teve seu desempenho aprimorado devido a forma que gerei os dados aleatórios. Os 12 valores são gerados de forma que a soma de todos os pesos atingem os limites dos compartimentos (maior peso == maior lucro), ficando para o AG então otimizar esses valores. Na maneira anterior, onde os dados eram completamente aleatórios, as soluções batiam na maioria de R\$10.000 a R\$11.000 de lucro com muito tempo de execução.

A melhor solução obtida, com o novo método de geração aleatória, foi R\$11990.08 com os seguintes parâmetros:

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
..... evaluator=evaluate_,
..... pop_size=5000,
..... maximize=True,
..... bounder=ec.Bounder(0, 16000),
..... max_generations=50000,
..... num_inputs=12,
..... crossover_rate=0.2,
..... mutation_rate=0.3,
..... num_elites=2,
..... num_selected=12,
..... tournament_size=2,
..... statistics_file=open("statistics.csv", "w"),
..... individuals_file=open("individuals.csv", "w")
..... )
```

```
..RESUMO DA CARGA DE AVIÃO..
DIANTEIRA -- CENTRAL -- TRASEIRA
PesoCarga1(kg): 577.0 - 443 - 0
PesoCarga2(kg): 6739.0 - 2700.0 - 3404.0
PesoCarga3(kg): 2684.0 - 8943.0 - 4596.0
PesoCarga4(kg): 0 - 3914.0 - 0
Lucro(R$): 11990.08
PesoTotal(kg): 34000.0
```

- Outras soluções:

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
                    evaluator=evaluate_,
                    pop_size=1000,
                    maximize=True,
                    boulder=ec.Boulder(0, 16000),
                    max_generations=2000,
                    num_inputs=12,
                    crossover_rate=0.5,
                    mutation_rate=0.3,
                    num_elites=2,
                    num_selected=12,
                    tournament_size=2,
                    statistics_file=open("statistics.csv", "w"),
                    individuals_file=open("individuals.csv", "w")
                    )
```

```
..RESUMO DA CARGA DE AVIÃO..
DIANTEIRA -- CENTRAL -- TRASEIRA
PESO_CARGA1(kg): 2.0 - 1490.0 - 186.0
PESO_CARGA2(kg): 6292.0 - 2874.0 - 5121.0
PESO_CARGA3(kg): 3706.0 - 6208.0 - 2098.0
PESO_CARGA4(kg): 0 - 5428.0 - 595.0
Lucro(R$): 11870.0
PesoTotal(kg): 34000.0
```

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
                    evaluator=evaluate_,
                    pop_size=1000,
                    maximize=True,
                    boulder=ec.Boulder(0, 16000),
                    max_generations=2000,
                    num_inputs=12,
                    crossover_rate=0.2,
                    mutation_rate=0.9,
                    num_elites=2,
                    num_selected=12,
                    tournament_size=2,
                    statistics_file=open("statistics.csv", "w"),
                    individuals_file=open("individuals.csv", "w")
                    )
```

```
..RESUMO DA CARGA DE AVIÃO..
DIANTEIRA -- CENTRAL -- TRASEIRA
PESO_CARGA1(kg): 939.0 - 6442.0 - 1467.0
PESO_CARGA2(kg): 7417.0 - 864.0 - 3341.0
PESO_CARGA3(kg): 930.0 - 8694.0 - 3192.0
PESO_CARGA4(kg): 714.0 - 0 - 0
Lucro(R$): 11848.33
PesoTotal(kg): 34000.0
```

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
                    evaluator=evaluate_,
                    pop_size=200,
                    maximize=True,
                    boulder=ec.Boulder(0, 16000),
                    max_generations=2000,
                    num_inputs=12,
                    crossover_rate=0.9,
                    mutation_rate=0.2,
                    num_elites=2,
                    num_selected=12,
                    tournament_size=2,
                    statistics_file=open("statistics.csv", "w"),
                    individuals_file=open("individuals.csv", "w")
                    )
```

```
..RESUMO DA CARGA DE AVIÃO..
DIANTEIRA -- CENTRAL -- TRASEIRA
PESO_CARGA1(kg): 3194.0 - 8452.0 - 2941.0
PESO_CARGA2(kg): 4846.0 - 3602.0 - 5015.0
PESO_CARGA3(kg): 1610.0 - 3946.0 - 1.0
PESO_CARGA4(kg): 350.0 - 0 - 43.0
Lucro(R$): 11694.86
PesoTotal(kg): 34000.0
```

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
                    evaluator=evaluate_,
                    pop_size=2000,
                    maximize=True,
                    boulder=ec.Boulder(0, 16000),
                    max_generations=500,
                    num_inputs=12,
                    crossover_rate=0.5,
                    mutation_rate=0.5,
                    num_elites=1,
                    num_selected=12,
                    tournament_size=2,
                    statistics_file=open("statistics.csv", "w"),
                    individuals_file=open("individuals.csv", "w")
                    )
```

```
..RESUMO DA CARGA DE AVIÃO..
DIANTEIRA -- CENTRAL -- TRASEIRA
PESO_CARGA1(kg): 430 - 0 - 646
PESO_CARGA2(kg): 6974 - 0 - 4481
PESO_CARGA3(kg): 2596 - 12671 - 2091
PESO_CARGA4(kg): 0 - 3329 - 782
Lucro(R$): 11933.39
PesoTotal(kg): 34000
```