

	CURSO: <b>Ciência da Computação</b>	
	COMPONENTE CURRICULAR: <b>Inteligência Artificial</b>	SEMESTRE: <b>2020-1</b>
	ALUNA(O): <b>Alexandre Raisel</b>	DATA: 31/07/2020
	PROFESSOR: <b>Manassés Ribeiro</b>	

## TRABALHO AG

Problema de maximização de lucro, restrito a peso e volume de 4 cargas distintas para 3 compartimentos de um avião.

Restrições e propriedades do compartimento do avião:

Compartimento	Capacidade de peso (tonelada)	Capacidade volumétrica (m <sup>3</sup> )
Dianteiro (D)	10	6800
Central (C)	16	8700
Traseiro (T)	8	5300

Restrições e propriedades de cada carga:

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

Por definição do problema, foi trabalhada com unidades de kg, substituindo a unidade toneladas (1 ton = 1000 kg).

VARIÁVEIS EXTRAÍDAS:

**Carga Dianteira (CD):** Carga C1 Dianteira + Carga C2 Dianteira + Carga C3 Dianteira + Carga C4 Dianteira  $\leq 10.000$  kg

**Carga Central (CC):** Carga C1 Central + Carga C2 Central + Carga C3 Central + Carga C4 Central  $\leq 16.000$  kg

**Carga Traseira (CT):** Carga C1 Traseira + Carga C2 Traseira + Carga C3 Traseira + Carga C4 Traseira  $\leq 8.000$  kg

Carga Total do avião:  $CD + CC + CT \leq 34.000 \text{ kg}$

**Carga C1:** Carga C1 Dianteira + Carga C1 Central + Carga C1 Traseira  $\leq 18.000 \text{ kg}$

**Carga C2:** Carga C2 Dianteira + Carga C2 Central + Carga C2 Traseira  $\leq 15.000 \text{ kg}$

**Carga C3:** Carga C3 Dianteira + Carga C3 Central + Carga C3 Traseira  $\leq 23.000 \text{ kg}$

**Carga C4:** Carga C4 Dianteira + Carga C4 Central + Carga C4 Traseira  $\leq 12.000 \text{ kg}$

Constatou-se que seria necessário **12 genes, para ser possível distinguir cargas por compartimento.**

Assim como, na relação de peso, é necessário converter as demais variáveis do problema. Com isso, obtemos a seguinte proporção:

CARGA	PESO	Lucro/Kg	Volume/Kg
C1	18000	R\$ 0,31	0,48 m <sup>3</sup>
C2	15000	R\$ 0,38	0,65 m <sup>3</sup>
C3	23000	R\$ 0,35	0,58 m <sup>3</sup>
C4	12000	R\$ 0,285	0,39 m <sup>3</sup>

PROPORÇÃO POR COMPARTIMENTO:

Compartimento	Proporção
Dianteiro	0.294117647
Central	0.470588235
Traseiro	0.235294118

FUNÇÃO OBJETIVO E FUNÇÃO FITNESS:

Como o objetivo é maximizar o lucro, é definida a função:

$$\text{LUCRO}(C1,C2,C3,C4) = (0.31 * C1) + (0.38 * C2) + (0.35 * C3) + (0.285 * C4)$$

Para chegar a função de fitness é necessário estimar (mesmo de maneira grosseiro) a maior quantidade de unidades para se chegar ao melhor lucro, respeitando as delimitações totais do compartimento do avião. Para isso, foi utilizado as cargas que melhor apresentam a relação

de preço/peso, nesse caso, a totalidade da carga C2, e parte da carga C3, somando um total de R\$ 12.350,00.

A função fitness normalizada: **Fitness = lucro/12.350**

## RESTRIÇÕES

Além das restrições definidas acima, como a quantidade de carga limite e a capacidade do compartimento, foi elaborado restrições em relação a proporção de cada compartimento. Calculada como capacidade do compartimento, dividida pelo total.

Obtendo-se:

A proporção do compartimento dianteiro, não pode ultrapassar 0.294117647.

A proporção do compartimento central, não pode ultrapassar 0.470588235.

A proporção do compartimento traseiro, não pode ultrapassar 0.235294118.

(Nota-se que restringindo a proporção não é necessária restrição de capacidade individual de cada compartimento)

## SATISFAÇÃO DAS RESTRIÇÕES DO PROBLEMA

```
# restrição peso por carga
h1 = np.maximum(0, (C1-18000)) / float(18000/n)
h2 = np.maximum(0, (C2-15000)) / float(15000/n)
h3 = np.maximum(0, (C3-23000)) / float(23000/n)
h4 = np.maximum(0, (C4-12000)) / float(12000/n)

# restrição volume por setor do avião
h5 = np.maximum(0, float((0.48*C1D + 0.65*C2D + 0.58*C3D + 0.39*C4D) - 6800)) / float(6800/n)
h6 = np.maximum(0, float((0.48*C1C + 0.65*C2C + 0.58*C3C + 0.39*C4C) - 8700)) / float(8700/n)
h7 = np.maximum(0, float((0.48*C1T + 0.65*C2T + 0.58*C3T + 0.39*C4T) - 5300)) / float(5300/n)

# restrição proporção por compartimento
h8 = np.maximum(0, float((CD/34000) - (10/34))) / float((10/34)/n)
h9 = np.maximum(0, float((CC/34000) - (16/34))) / float((16/34)/n)
h10 = np.maximum(0, float((CT/34000) - (8/34))) / float((8/34)/n)
```

Onde  $n = 10$ .

#### APLICAÇÃO DAS PENALIDADES:

```
fit = fit - (h1 + h2 + h3 + h4 + h5 + h6 + h7 + h8 + h9 + h10)
```

#### PARÂMETROS

```
final_pop = ea.evolve(generator=generate_,
                      evaluator=evaluate_,
                      pop_size=1000,
                      maximize=True,
                      bounder=ec.Bounder(0, 23000),
                      max_generations=15000,
                      max_inputs=12,
                      crossover_rate=1.0,
                      num_crossover_points=1,
                      mutation_rate=0.2,
                      num_elites=1,
                      num_selected=12,
                      tournament_size=12,
                      statistics_file=open('aviaoRaisel.csv', 'w'),
                      individuals_file=open('aviaoRaisel_individuals.csv', 'w'))
```

Na definição de parâmetros, observou que quanto mais mutações ou adição da aleatoriedade a medida que passam as gerações pior é o resultado, pois, dado que os algoritmos são “melhorados” a cada geração pior é o resultado se aplicar aleatoriedade que não passou pelos filtros.

Foi utilizado uma população menor e maiores gerações para “treinar” o algoritmo a chegar ao melhor resultado.

Considerou utilizar *Bounder(23000)* pois o gene de maior quantidade será 23.000

## RESULTADOS:

```
LUCRO TOTAL 11522.51

-----TOTAL DE CARGAS UTILIZADAS:
Carga C1 (Max. 18000) 11290.0
Carga C2 (Max. 15000) 7510.0
Carga C3 (Max. 23000) 12874.0
Carga C4 (Max. 12000) 2326.0

-----TOTAL DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 10000) 10000.0
Carga compartimento Central (Max. 16000) 16000.0
Carga compartimento Trazeiro (Max. 8000) 8000.0
Total (Max. 34000) 34000.0

-----PROPORÇÃO POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 0.294117647) 0.29411764705882354
Carga compartimento Central (Max. 0.470588235) 0.47058823529411764
Carga compartimento Trazeiro (Max. 0.235294118) 0.23529411764705882

-----TOTAL VOLUME CARREGADO POR COMPARTIMENTO:
Volume compartimento Dianteiro (Max. 6800) 5503.33
Volume compartimento Central (Max. 8700) 8657.439999999999
Volume compartimento Trazeiro (Max. 5300) 4513.9900000000001
Total (Max. 20800) 18674.76

-----DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga C1 - Dianteira: 3537.0 - Central: 4857.0 - Traseira: 2896.0
Carga C2 - Dianteira: 1914.0 - Central: 1644.0 - Traseira: 3952.0
Carga C3 - Dianteira: 4144.0 - Central: 8173.0 - Traseira: 557.0
Carga C4 - Dianteira: 405.0 - Central: 1326.0 - Traseira: 595.0
```

```
LUCRO TOTAL 11358.555

-----TOTAL DE CARGAS UTILIZADAS:
Carga C1 (Max. 18000) 14160.0
Carga C2 (Max. 15000) 9804.0
Carga C3 (Max. 23000) 5895.0
Carga C4 (Max. 12000) 4141.0

-----TOTAL DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 10000) 10000.0
Carga compartimento Central (Max. 16000) 16000.0
Carga compartimento Trazeiro (Max. 8000) 8000.0
Total (Max. 34000) 34000.0

-----PROPORÇÃO POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 0.294117647) 0.29411764705882354
Carga compartimento Central (Max. 0.470588235) 0.47058823529411764
Carga compartimento Trazeiro (Max. 0.235294118) 0.23529411764705882

-----TOTAL VOLUME CARREGADO POR COMPARTIMENTO:
Volume compartimento Dianteiro (Max. 6800) 5397.11
Volume compartimento Central (Max. 8700) 8487.69
Volume compartimento Trazeiro (Max. 5300) 4318.69
Total (Max. 20800) 18203.49

-----DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga C1 - Dianteira: 3425.0 - Central: 8416.0 - Traseira: 2319.0
Carga C2 - Dianteira: 2731.0 - Central: 3584.0 - Traseira: 3489.0
Carga C3 - Dianteira: 2520.0 - Central: 2939.0 - Traseira: 436.0
Carga C4 - Dianteira: 1324.0 - Central: 1061.0 - Traseira: 1756.0
```

Melhor Resultado:

```
LUCRO TOTAL 11787.065

-----TOTAL DE CARGAS UTILIZADAS:
Carga C1 (Max. 18000) 9589.0
Carga C2 (Max. 15000) 14782.0
Carga C3 (Max. 23000) 6970.0
Carga C4 (Max. 12000) 2659.0

-----TOTAL DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 10000) 10000.0
Carga compartimento Central (Max. 16000) 16000.0
Carga compartimento Trazeiro (Max. 8000) 8000.0
Total (Max. 34000) 34000.0

-----PROPORÇÃO POR COMPARTIMENTO:
Carga compartimento Dianteiro (Max. 0.294117647) 0.29411764705882354
Carga compartimento Central (Max. 0.470588235) 0.47058823529411764
Carga compartimento Trazeiro (Max. 0.235294118) 0.23529411764705882

-----TOTAL VOLUME CARREGADO POR COMPARTIMENTO:
Volume compartimento Dianteiro (Max. 6800) 5774.9
Volume compartimento Central (Max. 8700) 8698.08
Volume compartimento Trazeiro (Max. 5300) 4817.65
Total (Max. 20800) 19290.629999999997

-----DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS POR COMPARTIMENTO:
Carga C1 - Dianteira: 3116.0 - Central: 6298.0 - Traseira: 175.0
Carga C2 - Dianteira: 5773.0 - Central: 3705.0 - Traseira: 5304.0
Carga C3 - Dianteira: 492.0 - Central: 4884.0 - Traseira: 1594.0
Carga C4 - Dianteira: 619.0 - Central: 1113.0 - Traseira: 927.0
```

Link GitHub: <https://github.com/alexandreraisel/AviaoRaisel.git>