

# EA044A – PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

## Projeto T2 - Planejamento Multiperíodo de Produção

Bryan Wolff RA: 214095

Raphael Cury Spiller RA: 186300

### Implementação do Solver

### Função Objetivo

Variáveis de decisão

$Wn,t$ : número de pneus com nylon a ser produzido na prensa Wheel no mês  $t$

$Ln,t$ : número de pneus com nylon a ser produzido na prensa Legal no mês  $t$

$Wf,t$ : número de pneus com fibra a ser produzido na prensa Wheel no mês  $t$

$Lf,t$ : número de pneus com fibra a ser produzido na prensa Legal no mês  $t$

$En,t$ : número de pneus com nylon a ser estocado no fim do mês  $t$

$Ef,t$ : número de pneus com fibra a ser estocado no fim do mês  $t$

Sabendo que toda a produção é convertida, ou seja, a receita não varia, para chegarmos na função objetivo basta equacionar os custos para que ele possa ser minimizado e assim maximizar o lucro.

Ao observar as fontes de custo, 3 fontes são encontradas:

- custo de armazenamento (\$0.1 por unid.)
- custo do material + acabmento,embalagem e transporte (\$3.33-nylon \$4.13-fibra por unid.)
- custo de produção por hora(\$5 por hora)

Contudo, como sabemos a quantidade exata que será produzida em 3 meses, o custo de material, acabamento, etc, é fixo.

Diante disso, a função objetivo é dada por:

$$(5 \cdot 0.15)Wn,t + (5 \cdot 0.12)Wf,t + (5 \cdot 0.16)Ln,t + (5 \cdot 0.14)Lf,t + 0.1(Ef,t + En,t)$$

em função da quantidade de unidade produzidas por período e do estoque por período. Portanto o custo total nos 3 meses será de:

$$\sum_{t=1}^3 (0.75)Wn,t + (0.6)Wf,t + (0.8)Ln,t + (0.7)Lf,t + 0.1(Ef,t + En,t)^*$$

\*Os estoques em t=3 devem ser iguais a zero.

### Restrições

Em relação ao tempo de produção temos que:

período 1

$$0.15Wn,1 + 0.12Wf,1 \leq 700;$$
$$0,16Ln,1 + 0,14Lf,1 \leq 1500;$$

período 2

$$0,15Wn,2 + 0,12Wf,2 \leq 300;$$
$$0,16Ln,2 + 0,14Lf,2 \leq 400;$$

período 3

$$0,15Wn,3 + 0,12Wf,3 \leq 1000;$$
$$0,16Ln,3 + 0,14Lf,3 \leq 300;$$

Em relação à produção excedente estocada:

$$En,1 = (Wn,1 + Ln,1) - 4000; (Wn,1 + Ln,1) \text{ não pode ser menor que } 4000$$
$$Ef,1 = (Wf,1 + Lf,1) - 1000; (Wf,1 + Lf,1) \text{ não pode ser menor que } 1000$$
$$En,2 = (Wn,2 + Ln,2 + En,1) - 8000; Ef,2 = (Wf,2 + Lf,2 + Ef,1) - 5000;$$

sem estoques finais logo,  $En,3 = Ef,3 = 0$ ;

$$(Wn,3 + Ln,3 + En,2) = 3000; (Wf,3 + Lf,3 + Ef,2) = 5000;$$

### Solver

Utilizaremos o solver Or-Tools

### Dependencias

```
!pip install --user --upgrade pip setuptools wheel six ortools
```

```
[1] from __future__ import print_function
from ortools.linear_solver import pywraplp

solver = pywraplp.Solver.CreateSolver('SCIP')
```

### Declarando Variáveis Utilizadas

```
[6] #prensa wheel
Wn, Wf = [0,0,0], [0,0,0]

#prensa Legal
Ln, Lf = [0,0,0], [0,0,0]

#Estoque
En, Ef = [0,0],[0,0]

#vamos declarar as variaveis a partir do atributo IntVar (Queremos números inteiros positivos)

#MÊT : número de pneus com nylon a ser produzido na prensa wheel no mês T
Wn[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wn1')
Wn[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wn2')
Wn[2] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wn3')

#WFT : número de pneus com fibra a ser produzido na prensa wheel no mês T
Wf[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wf1')
Wf[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wf2')
Wf[2] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Wf3')

#LNT : número de pneus com nylon a ser produzido na prensa Legal no mês T
Ln[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Ln1')
Ln[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Ln2')
Ln[2] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Ln3')

#LFT : número de pneus com fibra a ser produzido na prensa Legal no mês T
Lf[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Lf1')
Lf[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Lf2')
Lf[2] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Lf3')

#ENT : número de pneus com nylon a ser estocado no fim do mês T
En[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'En1')
En[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'En2')

#EFF : número de pneus com fibra a ser estocado no fim do mês T
Ef[0] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Ef1')
Ef[1] = solver.IntVar(0, solver.Infinity(), 'Ef2')
```

### Restrições

```
[7] #Horas (CAPACIDADE) -----

#0.15Wn1 + 0.12Wf1 ≤ 700
ct1 = solver.Constraint(0,700,'ct1')
ct1.SetCoefficient(Wn[0],0.15)
ct1.SetCoefficient(Wf[0],0.12)

#0.15Wn2 + 0.12Wf2 ≤ 300
ct2 = solver.Constraint(0,300,'ct2')
ct2.SetCoefficient(Wn[1],0.15)
ct2.SetCoefficient(Wf[1],0.12)

#0.15Wn3 + 0.12Wf3 ≤ 1000
ct3 = solver.Constraint(0,1000,'ct3')
ct3 = solver.Constraint(0,1172,'ct3') #questao 4
ct3.SetCoefficient(Wn[2],0.15)
ct3.SetCoefficient(Wf[2],0.12)

#0.16Ln1 + 0.14Lf1 ≤ 1500
ct4 = solver.Constraint(0,1500,'ct4')
ct4.SetCoefficient(Ln[0],0.16)
ct4.SetCoefficient(Lf[0],0.14)

#0.16Ln2 + 0.14Lf2 ≤ 400
ct5 = solver.Constraint(0,400,'ct5')
ct5.SetCoefficient(Ln[1],0.16)
ct5.SetCoefficient(Lf[1],0.14)

#0.16Ln3 + 0.14Lf3 ≤ 300
ct6 = solver.Constraint(0,300,'ct6')
ct6.SetCoefficient(Ln[2],0.16)
ct6.SetCoefficient(Lf[2],0.14)

#Demanda -----
#JUNHO ---
#Wn1 + Ln1 - En1 = 4000
ct7 = solver.Constraint(4000,4000,'ct7')
ct7.SetCoefficient(Wn[0],1)
ct7.SetCoefficient(Ln[0],1)
ct7.SetCoefficient(En[0],-1)

#Wf1 + Lf1 - Ef1 = 1000
ct8 = solver.Constraint(1000,1000,'ct8')
ct8.SetCoefficient(Wf[0],1)
ct8.SetCoefficient(Lf[0],1)
ct8.SetCoefficient(Ef[0],-1)

#JULHO ---
#En1 + Wn2 + Ln2 - En2 = 8000
ct9 = solver.Constraint(8000,8000,'ct9')
ct9.SetCoefficient(En[0],1)
ct9.SetCoefficient(Wn[1],1)
ct9.SetCoefficient(Ln[1],1)
ct9.SetCoefficient(En[1],-1)

#Ef1 + Wf2 + Lf2 - Ef2 = 5000
ct10 = solver.Constraint(5000,5000,'ct10')
ct10.SetCoefficient(Ef[0],1)
ct10.SetCoefficient(Wf[1],1)
ct10.SetCoefficient(Lf[1],1)
ct10.SetCoefficient(Ef[1],-1)

#AGOSTO ---
#En2 + Wn3 + Ln3 = 3000
ct11 = solver.Constraint(3000,3000,'ct11')
ct11.SetCoefficient(En[1],1)
ct11.SetCoefficient(Wn[2],1)
ct11.SetCoefficient(Ln[2],1)

#Ef2 + Wf3 + Lf3 = 5000
ct12 = solver.Constraint(5000,5000,'ct12')
ct12.SetCoefficient(Ef[1],1)
ct12.SetCoefficient(Wf[2],1)
ct12.SetCoefficient(Lf[2],1)
```

### Função Objetivo

```
[8] objective = solver.Objective()

#0.75WnT + 0.8LNT + 0.6WFT + 0.7LFT + 0.1ENT + 0.1EFT

for i in range(0,3):
    objective.SetCoefficient(Wn[i],0.75)
    objective.SetCoefficient(Ln[i],0.8)
    objective.SetCoefficient(Wf[i],0.6)
    objective.SetCoefficient(Lf[i],0.7)

for i in range(0,2):
    objective.SetCoefficient(En[i],0.1)
    objective.SetCoefficient(Ef[i],0.1)

objective.SetMinimization()
solver.Solve()

0
```

### Questão 1

Qual é a produção mensal que atende a demanda exatamente com menor custo?

### Solução

```
[9] for i in range(0,3):
    if i == 0: print("Mês de Junho")
    elif i == 1: print("Mês de Julho")
    else: print("Mês de Agosto")
    print("nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL",Wn[i].solution_value())
    print("nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL",Wf[i].solution_value())
    print("nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL",Ln[i].solution_value())
    print("nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL",Lf[i].solution_value())
    if i<2:
        print("Estoque de pneus de NYLON", En[i].solution_value())
        print("Estoque de pneus de FIBRA", Ef[i].solution_value())
    else:
        print("Estoque de pneus de NYLON", 0.0)
        print("Estoque de pneus de FIBRA", 0.0)
    print("\n")

print("Custo total: ", objective.Value())

Mês de Junho
nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL 1866.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 3500.0
nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 7634.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL 0.0
Estoque de pneus de NYLON 5500.0
Estoque de pneus de FIBRA 2500.0

Mês de Julho
nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL -0.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 2500.0
nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 2500.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL 0.0
Estoque de pneus de NYLON 0.0
Estoque de pneus de FIBRA 0.0

Mês de Agosto
nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL 2666.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 5000.0
nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 334.0
nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL 0.0
Estoque de pneus de NYLON 0.0
Estoque de pneus de FIBRA 0.0

Custo total: 38330.1
```

### Questão 2

Qual a receita, o custo e o lucro para o período junho-julho-agosto?

**Receita:**

- Nylon = nº pneus nylon produzidos \* preço do nylon = 15000\*7 = 105000
- Fibra = nº Pneus fibra produzidos \* preço do fibra = 11000\*9 = 99000
- Receita = 105000 + 99000 = **\$204000**

**Custos:**

- Matéria prima dos pneus de nylon: 3.10\*15000 = 46500
- Matéria prima dos pneus de fibra: 3.90\*11000 = 42900
- Custo de produção: 19173.4
- Custos de Acabamento, embalagem e transporte = 0.23\*(11000 + 15000) = 5980
- Total = 46500 + 42900 + 19173.4 + 5980 = **\$114553.40**

**Lucro:**

- Lucro = Receita - Custos = 204000 - 114553.4 = **\$89446.60**

### Questão 3

Quando seria apropriado fazer a manutenção preventiva das prensas?

O calculo das folgas é feito a partir da quantidade de unidades produzidas por período(para que obtenhamos maior lucro). Sabemos o tempo que cada maquina leva em horas para produzir cada tipo de pneu, portanto:

**Junho:**

- Horas de produção previstas**(W-700L-1500)
- WHEEL:  $1866 \cdot 0.15 + 3500 \cdot 0.12 = 699.9h$
- LEGAL:  $7634 \cdot 0.16 + 0 \cdot 0.14 = 1221.44h$

**Julho:**

- Horas de produção previstas**(W-300L-400)
- WHEEL:  $0 \cdot 0.15 + 2500 \cdot 0.12 = 300h$
- LEGAL:  $2500 \cdot 0.16 + 0 \cdot 0.14 = 400h$

**Agosto:**

- Horas de produção previstas**(W-1000L-300)
- WHEEL:  $2666 \cdot 0.15 + 5000 \cdot 0.12 = 999.9h$
- LEGAL:  $334 \cdot 0.16 + 0 \cdot 0.14 = 53.44h$

**FOLGA DAS MAQUINAS:**

**Junho:**

- WHEEL: 0 horas
- LEGAL: 1500-1221.44 = 279horas

**Julho:**

- WHEEL:0 horas
- LEGAL: 0 horas

**Agosto:**

- WHEEL: 0 horas
- LEGAL: 300-53 = 247 horas

```
[ ] #código para calculo
print("folgas de cada máquina:")
print("\n")

print("-> Mês de Junho")
print("folga (h) da prensa wheel:",round(-0.15*Wn[0].solution_value() - 0.12*Wf[0].solution_value() + 700))
print("folga (h) da prensa Legal:",round(-0.16*Ln[0].solution_value() - 0.14*Lf[0].solution_value() + 1500))
print("\n")

print("-> Mês de Julho")
print("folga (h) da prensa wheel:",round(-0.15*Wn[1].solution_value() - 0.12*Wf[1].solution_value() + 300))
print("folga (h) da prensa Legal:",round(-0.16*Ln[1].solution_value() - 0.14*Lf[1].solution_value() + 400))
print("\n")

print("-> Mês de Agosto")
print("folga (h) da prensa wheel:",round(-0.15*Wn[2].solution_value() - 0.12*Wf[2].solution_value() + 1000))
print("folga (h) da prensa Legal:",round(-0.16*Ln[2].solution_value() - 0.14*Lf[2].solution_value() + 300))
print("\n")

[ ] folgas de cada máquina:

-> Mês de Junho
folga (h) da prensa wheel: 0
folga (h) da prensa Legal: 279

-> Mês de Julho
folga (h) da prensa wheel: 0
folga (h) da prensa Legal: 0

-> Mês de Agosto
folga (h) da prensa wheel: 0
folga (h) da prensa Legal: 247
```

A prensa Legal possui folgas de 279h e 247h respectivamente nos meses de Junho e Agosto, sendo esses os momentos apropriado para realizar a manutenção da maquina. Porém, a prensa Wheel não possui nenhuma folga em nenhum desses meses, ou seja, a manutenção impactará na produção.

### Questão 4

Uma nova prensa do tipo Wheel está para chegar em setembro. Contudo, é possível antecipar sua chegada para 2 de agosto desde que a Peneu pague \$200 ao seu fornecedor. O número de horas de produção adicionais ganho com a chegada da nova prensa é 172. A Peneu deve antecipar a chegada da nova prensa?

Executando novamente o solver mudando a restrição  $0,15Wn,3 + 0,12Wf,3 \leq 1000$  para  $0,15Wn,3 + 0,12Wf,3 \leq 1172$ ; obtemos o seguinte resultado

Mês de Junho

- nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL 1866.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 3500.0
- nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 7634.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL 0.0
- Estoque de pneus de NYLON 5500.0
- Estoque de pneus de FIBRA 2500.0

Mês de Julho

- nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL -0.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 2500.0
- nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 2500.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL 0.0
- Estoque de pneus de NYLON 0.0
- Estoque de pneus de FIBRA 0.0

Mês de Agosto

- nº pneus de NYLON produzidos pela WHEEL 3000.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela WHEEL 5000.0
- nº pneus de NYLON produzidos pela LEGAL 0.0
- nº pneus de FIBRA produzidos pela LEGAL -0.0
- Estoque de pneus de NYLON 0.0
- Estoque de pneus de FIBRA 0.0

Custo total: 19156.7

Agora, vamos calcular a nova receita, custo e o lucro para o período

**Receita:**

- Nylon = nº pneus nylon produzidos \* preço do nylon = 15000\*7 = 105000
- Fibra = nº Pneus fibra produzidos \* preço do fibra = 11000\*9 = 99000
- Receita = 105000 + 99000 = **\$204000**

**Custos:**

- Matéria prima dos pneus de nylon: 3.10\*15000 = 46500
- Matéria prima dos pneus de fibra: 3.90\*11000 = 42900
- Custo de produção: 19156.4
- Custo de adiantamento na prensa Peneu: 200
- Custos de Acabamento, embalagem e transporte = 0.23\*(11000 + 15000) = 5980
- Total = 46500 + 42900 + 19156.4 + 5980 + 200 = **\$114736.40**

**Lucro:**

- Lucro = Receita - Custos = 204000 - 114736.40 = **\$89263.60**

Ao obter o novo lucro e custo com o adiantamento da nova prensa Wheel e, ao comparar com o valor obtido anteriormente na questão 1, é notável um certo prejuízo devido ao aumento do custo e com o decréscimo do lucro. Portanto, não é recomendado antecipar a chegada da nova prensa.

### Questão 5

Resolver o modelo usando o Excel, Or-Tools, ou o solver de sua preferência

Foi utilizado o solver Or-Tools para a resolução do problema, e sua implementação foi feita ao decorrer do relatório