

1. Determine os cilindros com a caixa e o contêiner em que eles estão, que satisfaçam todas as seguintes condições.

O código para a resolução do exercício está em um script no [Google Colab](#). Acredito que acessando com o e-mail da USP qualquer um consegue visualizar, qualquer problema pode me avisar.

A Figura 1 mostra um descritivo de cada contêiner e do conteúdo de cada um. São 40 contêineres que guardam 59 caixas. As caixas contêm 411 cilindros.

Contêiner A:	Contêiner B:	Contêiner C:	Contêiner D:	Contêiner F:	Contêiner G:	Contêiner H:	Contêiner I:
- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']
- Total de cilindros: 2	- Total de cilindros: 9	- Total de cilindros: 4	- Total de cilindros: 5	- Total de cilindros: 10	- Total de cilindros: 2	- Total de cilindros: 16	- Total de cilindros: 7
- Peso total: 1126.00 g	- Peso total: 5172.00 g	- Peso total: 356.00 g	- Peso total: 3996.00 g	- Peso total: 7334.00 g	- Peso total: 406.00 g	- Peso total: 826.00 g	- Peso total: 3701.00 g
- Volume total: 234.87 mL	- Volume total: 1366.01 mL	- Volume total: 96.38 mL	- Volume total: 895.03 mL	- Volume total: 1692.48 mL	- Volume total: 58.39 mL	- Volume total: 227.24 mL	- Volume total: 1061.57 mL
Contêiner J:	Contêiner K:	Contêiner L:	Contêiner M:	Contêiner N:	Contêiner O:	Contêiner P:	Contêiner Q:
- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']
- Total de cilindros: 5	- Total de cilindros: 16	- Total de cilindros: 17	- Total de cilindros: 19	- Total de cilindros: 16	- Total de cilindros: 13	- Total de cilindros: 9	- Total de cilindros: 6
- Peso total: 2995.00 g	- Peso total: 1856.00 g	- Peso total: 1238.00 g	- Peso total: 10026.00 g	- Peso total: 11160.00 g	- Peso total: 6226.00 g	- Peso total: 1965.00 g	- Peso total: 4323.00 g
- Volume total: 655.92 mL	- Volume total: 571.23 mL	- Volume total: 454.20 mL	- Volume total: 2629.30 mL	- Volume total: 3702.39 mL	- Volume total: 1808.34 mL	- Volume total: 602.96 mL	- Volume total: 1428.40 mL
Contêiner R:	Contêiner S:	Contêiner T:	Contêiner U:	Contêiner V:	Contêiner X:	Contêiner Y:	Contêiner Z:
- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']
- Total de cilindros: 14	- Total de cilindros: 11	- Total de cilindros: 9	- Total de cilindros: 10	- Total de cilindros: 2	- Total de cilindros: 15	- Total de cilindros: 9	- Total de cilindros: 7
- Peso total: 6389.00 g	- Peso total: 2998.00 g	- Peso total: 5759.00 g	- Peso total: 6229.00 g	- Peso total: 54.00 g	- Peso total: 6561.00 g	- Peso total: 1936.00 g	- Peso total: 1823.00 g
- Volume total: 1132.16 mL	- Volume total: 978.85 mL	- Volume total: 1307.73 mL	- Volume total: 2428.71 mL	- Volume total: 16.77 mL	- Volume total: 1562.53 mL	- Volume total: 1184.37 mL	- Volume total: 333.49 mL
Contêiner AA:	Contêiner AB:	Contêiner AC:	Contêiner AD:	Contêiner AE:	Contêiner AF:	Contêiner AG:	Contêiner AI:
- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']
- Total de cilindros: 4	- Total de cilindros: 2	- Total de cilindros: 17	- Total de cilindros: 5	- Total de cilindros: 2	- Total de cilindros: 16	- Total de cilindros: 14	- Total de cilindros: 11
- Peso total: 2107.00 g	- Peso total: 1342.00 g	- Peso total: 8749.00 g	- Peso total: 3244.00 g	- Peso total: 1998.00 g	- Peso total: 8033.00 g	- Peso total: 1292.00 g	- Peso total: 4702.00 g
- Volume total: 298.48 mL	- Volume total: 187.02 mL	- Volume total: 1720.20 mL	- Volume total: 733.42 mL	- Volume total: 315.06 mL	- Volume total: 1711.13 mL	- Volume total: 416.29 mL	- Volume total: 860.32 mL
Contêiner AJ:	Contêiner AK:	Contêiner AL:	Contêiner AM:	Contêiner AN:	Contêiner AO:	Contêiner AP:	Contêiner AQ:
- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 2: ['LB_1', 'LB_2']	- Caixas 1: ['LB_1']	- Caixas 1: ['LB_1']
- Total de cilindros: 9	- Total de cilindros: 11	- Total de cilindros: 4	- Total de cilindros: 22	- Total de cilindros: 29	- Total de cilindros: 20	- Total de cilindros: 3	- Total de cilindros: 9
- Peso total: 4261.00 g	- Peso total: 7092.00 g	- Peso total: 3292.00 g	- Peso total: 9821.00 g	- Peso total: 13247.00 g	- Peso total: 846.00 g	- Peso total: 2500.00 g	- Peso total: 1253.00 g
- Volume total: 1253.94 mL	- Volume total: 1831.32 mL	- Volume total: 727.13 mL	- Volume total: 2409.11 mL	- Volume total: 4233.70 mL	- Volume total: 310.91 mL	- Volume total: 1153.62 mL	- Volume total: 353.47 mL

Figura 1: Descritivo de cada contêiner e dos seus conteúdos.

Os dados foram ajustados para gerar diferentes dicionários para serem usados na construção do modelo. As caixas foram nomeadas de LB\_1 até LB\_59 para que cada caixa tivesse uma identificação própria, assim como os cilindros, que foram nomeados de 1 até 411. Os dicionários servem para que tenhamos uma relação direta para ter a relação contêiner -> caixa -> cilindro. Os dicionários criados foram: spacing

- *boxes\_in\_container*: relaciona as caixas que estão em cada contêiner. Chave é o contêiner, valor é uma lista com as caixas.

- *cylinders\_in\_container*: relaciona os cilindros que estão em cada contêiner. Chave é o contêiner e valor é uma lista com os cilindros.
- *container\_of\_box*: relaciona em que contêiner está cada caixa, é a inversa do *boxes\_in\_container*. Chave é a caixa, valor é o contêiner.
- *cylinders\_in\_box*: relaciona os cilindros que estão em cada caixa. Chave é a caixa e valor é uma lista dos cilindros que estão na caixa.
- *container\_of\_cylinder*: relaciona o contêiner em que está cada cilindro. Chave é o cilindro e valor é o contêiner.
- *box\_of\_cylinder*: relaciona a caixa em que está cada cilindro. Chave é o cilindro, valor é a caixa.
- *cylinder\_data*: relaciona os atributos de cada cilindro. É um dicionário com dois dicionários: o primeiro faz a relação do cilindro com o seu peso e o segundo faz a relação do cilindro com o seu volume.

Com esses dicionários fica fácil e eficiente de fazer as correlações de pertencimento e de obter as informações relevantes de cada cilindro.

As variáveis são binárias e definidas da seguinte forma:

$x_i$  binary ( $i$  range  $[1, 40]$ )  $\rightarrow$  contêineres

$y_j$  binary ( $j$  range  $[1, 59]$ )  $\rightarrow$  caixas

$z_k$  binary ( $k$  range  $[1, 411]$ )  $\rightarrow$  cilindros

O modelo foi criado pensando nas restrições de trás pra frente. Primeiro criando as condições  $e$ ,  $f$  e  $g$ . São as condições mais diretas de serem resolvidas.

$$(Restrição e) \sum_{i=1}^{40} x_i = 35$$

$$(Restrição f) \sum_{k=1}^{411} z_k * cylinder\_volume_k = 5163.69$$

$$(Restrição g) \sum_{k=1}^{411} z_k * cylinder\_weight_k = 18844$$

Depois as condições foram implementadas na ordem  $c$ ,  $b$  e  $a$ . Aplicando as restrições primeiro aos cilindros, depois às caixas e por fim nos contêineres.

$$(Restrição c) z_k \leq x_i \rightarrow \text{para cada } x_i \text{ que pertença a } z_k$$

$$(Restrição c) y_j \leq x_i \rightarrow \text{para cada } x_i \text{ que pertença a } y_j$$

$$(Restrição b) y_j \leq \sum_k z_k \rightarrow \text{para cada } z_k \text{ que pertença a } y_j$$

$$(Restrição a) x_i \leq \sum_j y_j \rightarrow \text{para cada } y_j \text{ que pertença a } x_i$$

$$(Restrição a) x_i \leq \sum_k z_k \rightarrow \text{para cada } z_k \text{ que pertença a } x_i$$

A implementação dessas condições tem muitas intersecções, uma parte da  $c$  resolve uma parte da  $b$ , por exemplo. Além de que a implementação dessas 3 cumpre os requisitos para implementação da restrição  $d$ .

O arquivo *solution.csv* enviado mostra a tabela com os resultados obtidos, ordenado pela coluna dos cilindros. As Figuras 2 e 3 mostra a tabela obtida.

O resultado apresenta 64 linhas, que são os 64 cilindros que foram selecionados. Os contêineres são 35 valores únicos, as caixas são 42 únicas. A soma dos pesos dos cilindros dão 18844 g e o volume total é de 5163.69.

2. Leia as instruções do Burrito Optimization Game e jogue o round 1 e o round 2. Note que é necessário ter a conta do Gurobi (vide slides das aulas 9 e 10) para jogar. No final do round 1 e o round 2, será exibido o lucro (profit) acumulativo da sua tentativa e o lucro obtido pelo Gurobi.

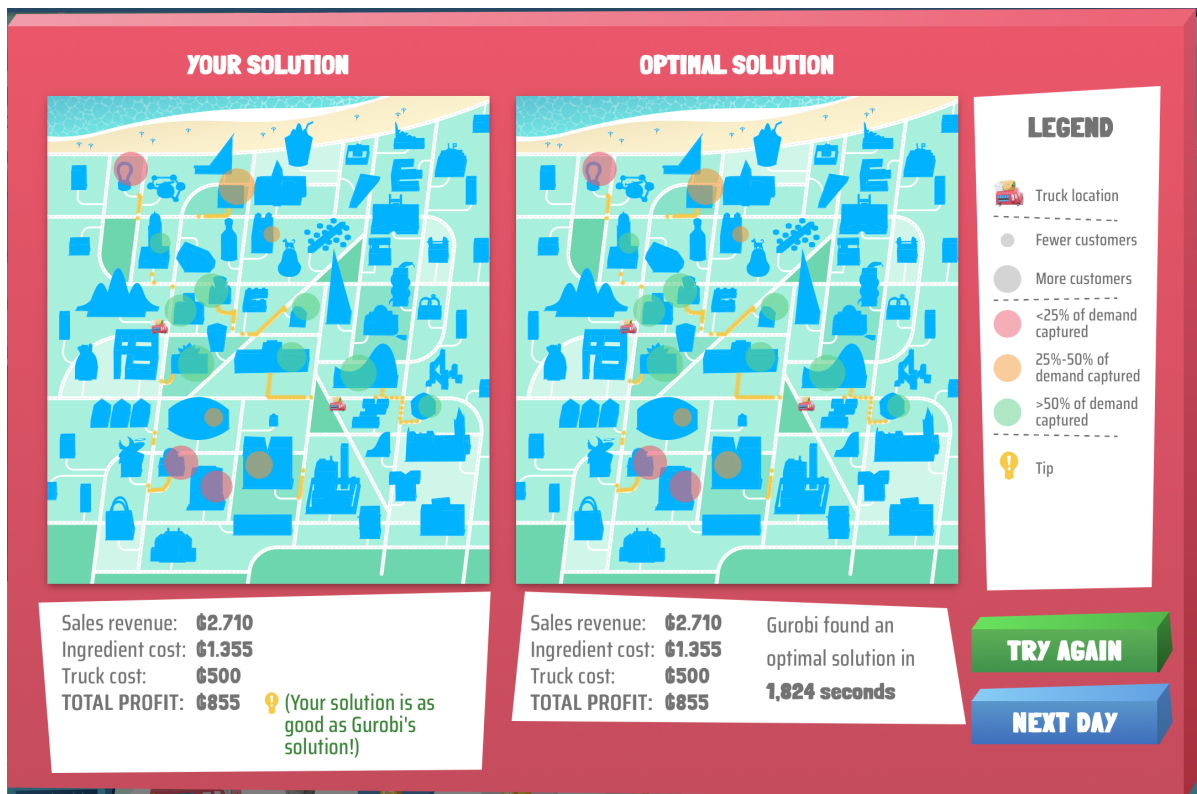


Figura 4: Minha resolução para o Round 1.

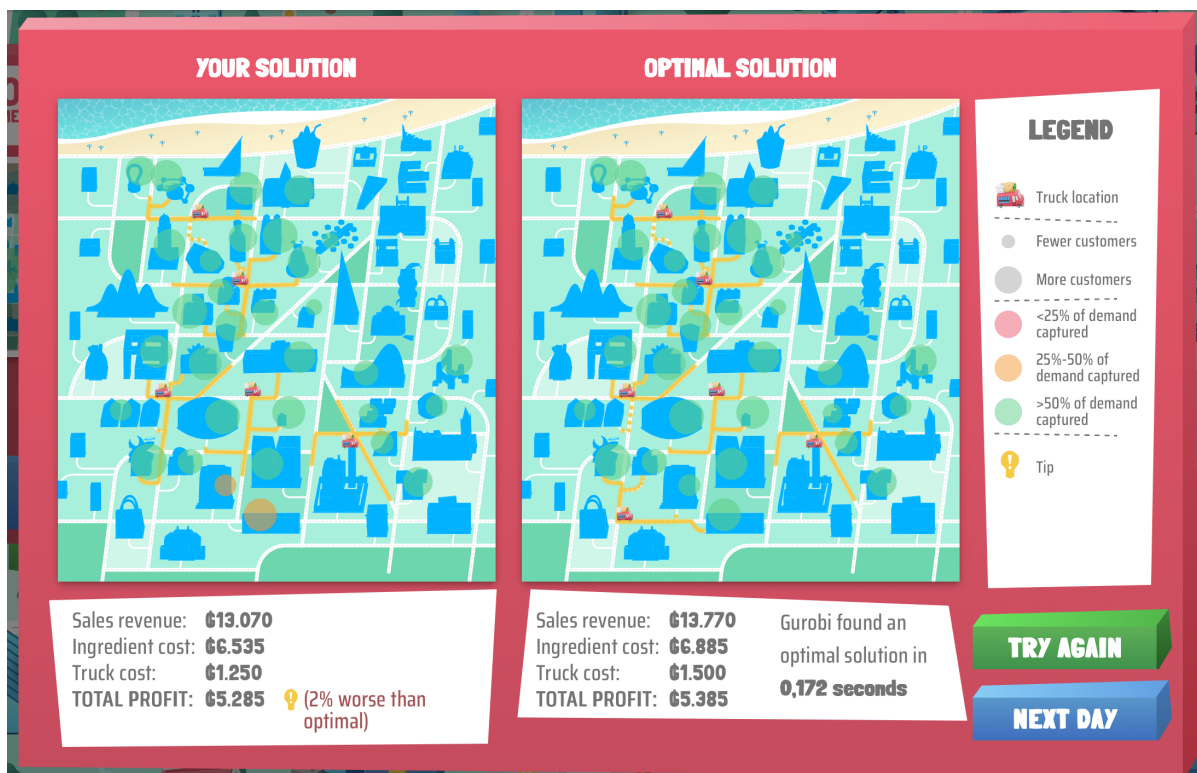


Figura 5: Minha resolução para o Round 2.

solution

Contêiner	Caixa	Cilindro	Peso do cilindro (g)	Volume do cilindro (mL)
A	LB_1	1	294	140.0
B	LB_2	3	977	101.14
B	LB_2	8	605	80.13
B	LB_3	10	194	24.01
C	LB_4	12	182	44.39
C	LB_4	13	116	30.53
D	LB_7	18	156	18.08
F	LB_8	28	191	24.58
H	LB_10	39	5	0.65
I	LB_12	49	505	50.65
I	LB_12	53	956	531.11
J	LB_13	58	5	0.71
K	LB_15	61	74	8.46
K	LB_15	65	159	82.38
K	LB_15	72	55	33.13
L	LB_16	77	5	0.7
L	LB_16	90	5	1.37
M	LB_17	96	757	296.86
M	LB_18	111	878	280.51
N	LB_19	127	32	3.66
O	LB_20	131	307	307.0
O	LB_20	135	110	75.86
O	LB_20	136	442	193.86
O	LB_20	138	999	114.96
P	LB_21	142	277	268.93
P	LB_21	147	18	5.83
P	LB_21	150	999	209.87
Q	LB_22	155	21	3.7
R	LB_23	160	62	17.82
R	LB_23	165	32	5.73
S	LB_24	174	331	41.07
T	LB_25	182	216	90.0

Figura 2: Parte 1 da tabela resultado do modelo, como está em *solution.csv*.

<b>T</b>	LB_26	186	203	29.34
<b>U</b>	LB_27	196	140	20.14
<b>U</b>	LB_28	200	999	657.24
<b>V</b>	LB_29	201	36	10.91
<b>V</b>	LB_29	202	18	5.86
<b>X</b>	LB_30	206	358	50.0
<b>X</b>	LB_30	214	189	19.13
<b>Y</b>	LB_32	223	340	36.4
<b>Z</b>	LB_33	230	12	1.28
<b>Z</b>	LB_33	232	69	8.96
<b>AB</b>	LB_37	238	999	108.35
<b>AB</b>	LB_38	239	343	78.67
<b>AC</b>	LB_39	247	307	39.31
<b>AD</b>	LB_40	257	71	35.5
<b>AD</b>	LB_41	259	176	115.79
<b>AF</b>	LB_43	272	303	35.11
<b>AF</b>	LB_43	274	5	0.52
<b>AG</b>	LB_44	284	5	0.74
<b>AI</b>	LB_46	298	200	95.24
<b>AI</b>	LB_46	299	152	16.58
<b>AJ</b>	LB_48	311	5	0.77
<b>AL</b>	LB_51	328	295	45.74
<b>AM</b>	LB_52	345	787	115.91
<b>AN</b>	LB_54	360	27	6.6
<b>AN</b>	LB_54	361	57	14.47
<b>AN</b>	LB_54	374	999	128.57
<b>AN</b>	LB_55	376	312	41.94
<b>AN</b>	LB_55	377	38	4.76
<b>AN</b>	LB_55	378	999	120.94
<b>AO</b>	LB_56	398	7	2.79
<b>AQ</b>	LB_59	408	423	227.42
<b>AQ</b>	LB_59	411	5	1.03

Figura 3: Parte 2 da tabela resultado do modelo, como está em *solution.csv*.