

Modelagem da
alcoolemia para um
consumo
**consciente de
bebidas alcóolicas**
utilizando
Programação
Linear Inteira Mista

**PESQUISA
OPERACIONAL**
DIG ELE082

PROFESSOR:
Eduardo Gontijo Carrano

ALUNOS:
Artur Soares Bezerra De Mello
Hernane Braga Pereira



AGENDA

- ▶ Motivação do problema
- ▶ Por onde começar ?
- ▶ Modelagem matemática
- ▶ Implementação computacional
- ▶ Resultados
- ▶ Conclusão
- ▶ Perguntas
- ▶ Referências

A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background from a solid yellow background on the right.

1.

MOTIVAÇÃO DO
PROBLEMA



COMO CURTIR COM A GRANA CURTA ?

Todos estamos exaustos de mais um ano e pedindo férias: seja no trabalho ou faculdade.

Como aproveitar ao máximo os momentos de confraternização de forma segura e gastando apenas o que podemos pagar?





COMO CURTIR COM A GRANA CURTA ?

Surgiu o questionamento: focar em otimizar a quantidade de comida que podemos comprar, ou a quantidade de álcool consumida em um bar?

Escolhemos a segunda opção, pois é a que apresenta maior **complexidade** para ser modelada



A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background from a solid yellow area on the right.

2.

POR ONDE
COMEÇAR?



POR ONDE COMEÇAR ? **FAZENDO PERGUNTAS !**

1. Como é medido o nível de embriaguez de uma pessoa?
2. Como é possível relacionar a quantidade e tipos de bebidas alcoólicas ingeridas com o nível de embriaguez?
3. Misturar tipos diferentes de bebidas alcoólicas: cerveja (fermentado), cachaça (destilado de cana), vodka, tequila, entre outros, alteram o resultado final da embriaguez?
4. Quais são os limites mínimos e máximos que definem o estado de embriaguez? Essa evolução é gradativa? É possível identificar os efeitos gerados no organismo de uma pessoa?
5. Variáveis individuais como idade, sexo, peso alteram o resultado final da alcoolemia?
6. Há alguma restrição de horas para o álcool surtir efeito? E para sua dispersão?
7. Como a ingestão de bebidas não alcoólicas e de alimentos afetam a TAS?



RESPONDENDO AS PERGUNTAS LEVANTADAS

1 - Como é medido o nível de embriaguez de uma pessoa?

O nível de embriaguez pode ser calculado através de sua taxa de álcool no sangue (TAS), ou taxa de alcoolemia, que é expressa em gramas de álcool por litro de sangue (g/l).

3 - Misturar tipos diferentes de bebidas alcoólicas: cerveja (fermentado), cachaça (destilado de cana), vodka, tequila, entre outros, alteram o resultado final da embriaguez?

Não. De acordo com a BBC o fator primordial para a embriaguez é a taxa de álcool no sangue, inclusive misturar bebidas não piora o efeito da ressaca no dia seguinte. Este é um efeito causado pelo fígado não conseguir processar todo o álcool presente na corrente sanguínea.

2 - Como é possível relacionar a quantidade e tipos de bebidas alcoólicas ingeridas com o nível de embriaguez?

É possível aproximar a taxa de alcoolemia através da fórmula de Widmark, recebendo como parâmetros:

- Sexo
- Peso (kg)
- Quantidade de álcool ingerida (ml)
- Teor alcoólico da bebida (expresso em %ABV *Alcohol By Volume*)

4 - Quais são os limites mínimos e máximos que definem o estado de embriaguez? Essa evolução é gradativa? É possível identificar os efeitos gerados no organismo de uma pessoa?



RESPONDENDO AS PERGUNTAS LEVANTADAS

ALCOOLEMIA (g/L)	EFEITOS
0,1 – 0,5	Aumento do ritmo cardíaco e respiratório; diminuição da atenção; Comportamento incoerente ao executar tarefas; diminuição da capacidade de julgamento e perda de inibição; leve sensação de euforia, relaxamento e prazer.
0,6 – 1,0	Diminuição da atenção, julgamento e controle; reflexos mais lentos; dificuldade de coordenação e redução da força muscular; redução da capacidade de tomar decisões ou de discernimento; sensação crescente de ansiedade e depressão.
1,0 – 1,5	Reflexos consideravelmente mais lentos; problemas de equilíbrio e movimento alterados; alteração de algumas funções visuais; dificuldade na fala; vômito, sobretudo se esta alcoolemia for atingida rapidamente.
1,6 – 2,9	Alterações graves da coordenação motora, com tendência a cambalear e a cair frequentemente; estado emocional exagerado (medo, aborrecimentos, aflição); distúrbio da sensação e da percepção às cores, formas, movimentos e dimensões; debilidade no equilíbrio; incoordenação muscular.
3,0 – 3,9	Letargia profunda; perda de consciência; estado de sedação comparável ao de uma anestesia cirúrgica.
> 4,0	Inconsciência; incontinência urinária e fecal; parada respiratória; morte, em geral provocada por insuficiência respiratória.



RESPONDENDO AS PERGUNTAS LEVANTADAS

5 - Variáveis individuais como idade, sexo, peso alteram o resultado final da alcoolemia?

Sim. A fórmula de Widmark leva em consideração o sexo e peso da pessoa (kg), enquanto a variável idade é relevante caso calculássemos o tempo em que o álcool seria eliminado do organismo do indivíduo.

6 - Há alguma restrição de horas para o álcool surtir efeito? E para sua dispersão?

Sim. Nos artigos estudados vimos que o álcool é difuso pela corrente sanguínea em até 1h após sua ingestão. No entanto, os cálculos para sua dispersão são passíveis de consensos entre diferentes pesquisadores.

7 - Como a ingestão de bebidas não alcoólicas e de alimentos afetam a TAS?

A ingestão de alimentos e bebidas não alcoólicas, acarreta em um aumento na taxa de glicose no sangue. No caso da água, também há um aumento da hidratação no organismo. Não conseguimos fazer uma relação direta entre a ingestão destes itens e a alteração da TAS, porém acreditamos que exista uma relação não linear, que varia em relação ao tempo de ingestão em horas. Portanto, optamos por **não incluir tais variáveis no escopo deste trabalho.**

A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background on the left from the solid yellow background on the right.

3.

MODELAGEM
MATEMÁTICA



MODELAGEM DO PROBLEMA

A PARTIR DAS RESPOSTAS OBTIDAS

DENTRO DO ESCOPO

- Otimizar a Taxa de álcool no sangue (TAS)
- Restrição de saldo monetário disponível (R\$)
- Restrição da TAS estar numa faixa em que o indivíduo fique alcoolizado em um estado “feliz”, onde não corra riscos de desmaiar, vomitar, ou apresentar riscos para si e outras pessoas. **Faixa escolhida: entre 0.3 e 1.2**
- Carregar informações de itens a partir de uma base de dados externa

INPUT DO USUÁRIO

- Sexo
- Peso (kg)
- Saldo disponível para gastar (R\$)

FORA DE ESCOPO

- Comparação entre bares distintos
- Variável de horas no modelo, que permitiria o cálculo da queda de TAS
- Variável de glicose no modelo, que permitiria calcular a relação entre itens alcoólicos e não alcoólicos com a TAS final
- Cálculo de otimização para mais de uma pessoa



BASE DE DADOS UTILIZADAS NO ARQUIVO .CSV

ITEM	VOLUME [ml]	PREÇO [R\$]	%ABV
Brahma garrafa	600	8.5	4.8
Heineken	350	5.0	5
Budweiser long neck	343	6.0	6
Skol latão	473	5.0	4.7
Cerveja Especial	600	21.90	8.4
Vinho seco	90	18.0	11.5
Espumante	90	18.0	12.5
Cachaça	45	12.0	40
Tequila	45	15.0	35
Vodka	100	20.0	40
Whiski	100	30.0	43



CALCULAR TAS A PARTIR DA FÓRMULA DE WIDMARK

Para exemplificar o uso da fórmula, usaremos como exemplo um homem de 80 kg que ingeriu uma dose de vodka de 100 ml

Pela fórmula de Widmark² :

$$A_{[g \text{ de álcool}]} = R \cdot P_{[Kg]} \cdot C_{[g \text{ de álcool/kg de sangue}]}$$

Desejamos encontrar o termo C, então primeiro calculamos A :

$$A_{[g \text{ de álcool}]} = \left(\frac{ABV}{100} \right) \cdot Volume_{[ml]} \cdot 0.79$$

onde 0.79 corresponde à conversão de 1ml de álcool para gramas

$$A_{[g \text{ de álcool}]} = \left(\frac{46}{100} \right) \cdot 100_{[ml]} \cdot 0.79 = 36.34_{[g \text{ de álcool}]}$$



CALCULAR TAS A PARTIR DA FÓRMULA DE WIDMARK

O termo R, chamado quociente R, determina a razão existente entre a quantidade de álcool no sangue e o volume total de álcool no organismo e varia se o sexo é masculino ou feminino. Usaremos:

- ▶ R = 0.68 para o sexo masculino
- ▶ R = 0.55 para o sexo feminino

Temos então que :

$$C_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]} = \frac{A_{[g \text{ de álcool}]}}{R \cdot P_{[Kg]}}$$

$$C_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]} = \frac{36.34_{[g \text{ de álcool}]}}{0.68 \cdot 80_{[Kg]}}$$

$$C_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]} = 0.66_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]}$$



CALCULAR TAS A PARTIR DA FÓRMULA DE WIDMARK

Para converter o valor encontrado pela fórmula de Widmark em taxa de álcool no sangue (TAS), dividimos o resultado por 1.056, que corresponde a densidade do sangue. 1 litro de sangue corresponde a 1,056kg

Convertendo para TAS :

$$TAS_{[g \text{ de álcool}/l \text{ de sangue}]} = \frac{C_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]}}{1.056}$$

$$TAS_{[g \text{ de álcool}/l \text{ de sangue}]} = \frac{0.66_{[g \text{ de álcool}/kg \text{ de sangue}]}}{1.056}$$

$$TAS_{[g \text{ de álcool}/l \text{ de sangue}]} = 0.625_{[g \text{ de álcool}/l \text{ de sangue}]}$$



MODELAGEM FINAL DO PROBLEMA

$$\max \sum_{i=1}^n x_i \cdot TAS_i,$$

sujeito a:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i \cdot TAS_i \geq TAS_{min} \\ \sum_{i=1}^n x_i \cdot TAS_i \leq TAS_{max} \\ \sum_{i=1}^n x_i \cdot Preco_i \leq Saldo \\ x_i \in Z^* \forall i \in \{1, \dots, n\} \\ Saldo, Preco_i, TAS_i \in R^+ \forall i \in \{1, \dots, n\} \\ 0 \leq TAS_{min} \leq TAS_{max}, TAS_{min}, TAS_{max} \in R^* \end{cases}$$

A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background on the left from the solid yellow background on the right.

4.

IMPLEMENTAÇÃO
COMPUTACIONAL



FERRAMENTAS
COMPUTACIONAIS
UTILIZADAS





FUNCIONAMENTO
DO **ALGORITMO**
DESENVOLVIDO

Leitura do banco de dados via arquivo
.csv e input dos dados iniciais:
sexo, peso, saldo



Cálculo da TAS de cada item do banco de
dados



Criação do modelo de otimização linear
inteira mista no Gurobi



Execução da API do Gurobi e impressão
do resultado final

A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background on the left from the solid yellow background on the right.

5.

RESULTADOS



EXPERIMENTO 01

ITENS x PREÇO (R\$)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199903446227e+00, best bound 1.200000000000e+00, gap 0.0080%

--- Resultado Final ----

Sexo: masculino

Peso: 75 kg

Saldo disponível: R\$300.00

QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

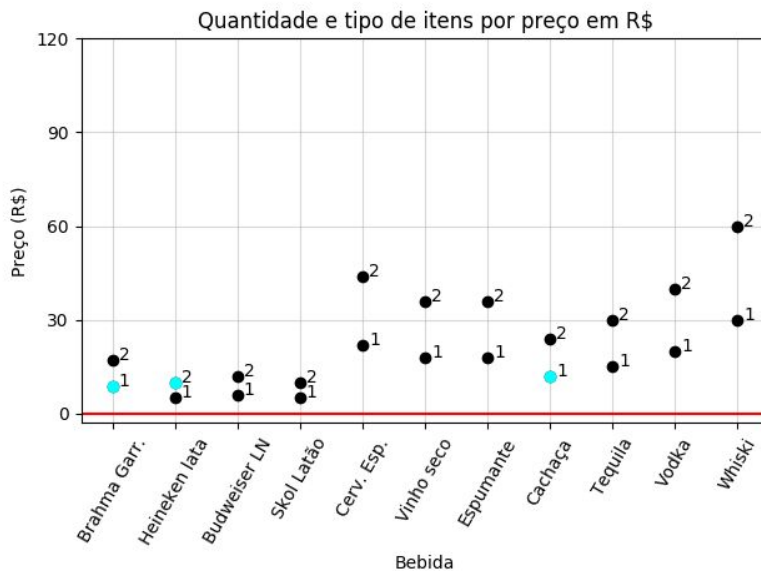
Brahma Garr.: 1

Heineken lata: 2

Cachaça: 1

Conta do bar: R\$30.50

TAS final: 1.1999 g/L





EXPERIMENTO 01

ITENS x TAS (g/l)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199903446227e+00, best bound 1.200000000000e+00, gap 0.0080%

--- Resultado Final ----

Sexo: masculino

Peso: 75 kg

Saldo disponível: R\$300.00

QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

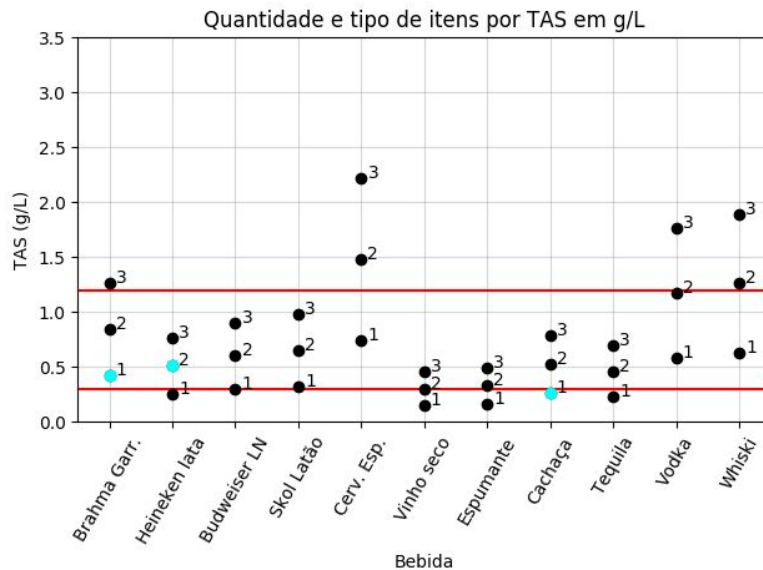
Brahma Garr.: 1

Heineken lata: 2

Cachaça: 1

Conta do bar: R\$30.50

TAS final: 1.1999 g/L





EXPERIMENTO 02

ITENS x PREÇO (R\$)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.193569214876e+00, best bound 1.193569214876e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ----

Sexo: feminino

Peso: 60 kg

Saldo disponível: R\$300.00

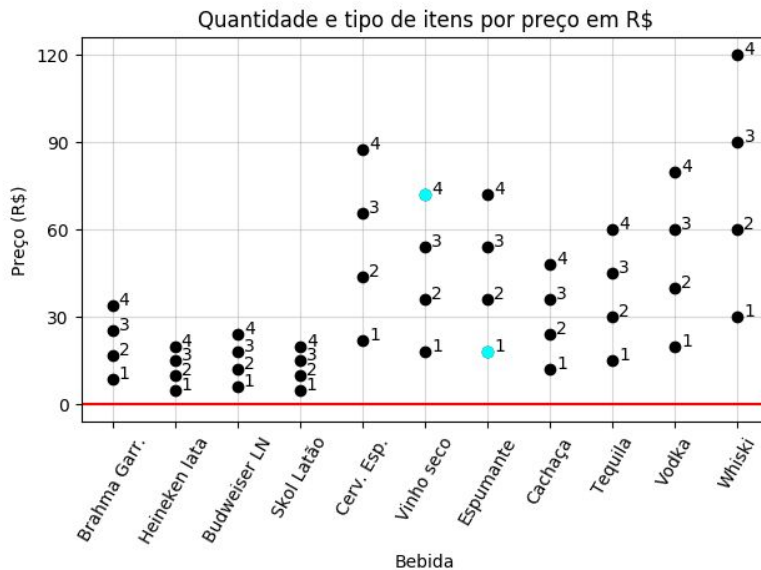
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Vinho seco: 4

Espumante: 1

Conta do bar: R\$90.00

TAS final: 1.19357 g/L





EXPERIMENTO 02

ITENS x TAS (g/l)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.193569214876e+00, best bound 1.193569214876e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ----

Sexo: feminino

Peso: 60 kg

Saldo disponível: R\$300.00

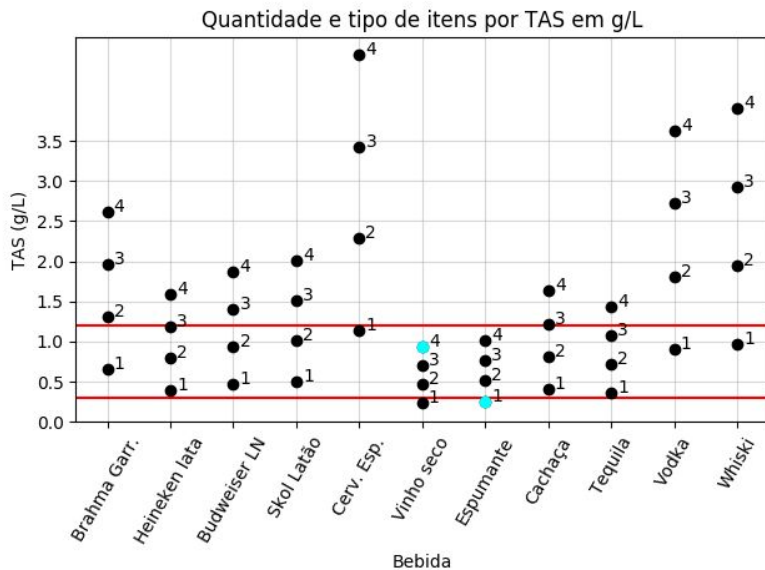
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Vinho seco: 4

Espumante: 1

Conta do bar: R\$90.00

TAS final: 1.19357 g/L





EXPERIMENTO 03

ITENS x PREÇO (R\$)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199428869141e+00, best bound 1.199428869141e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ---

Sexo: masculino

Peso: 85 kg

Saldo disponível: R\$50.00

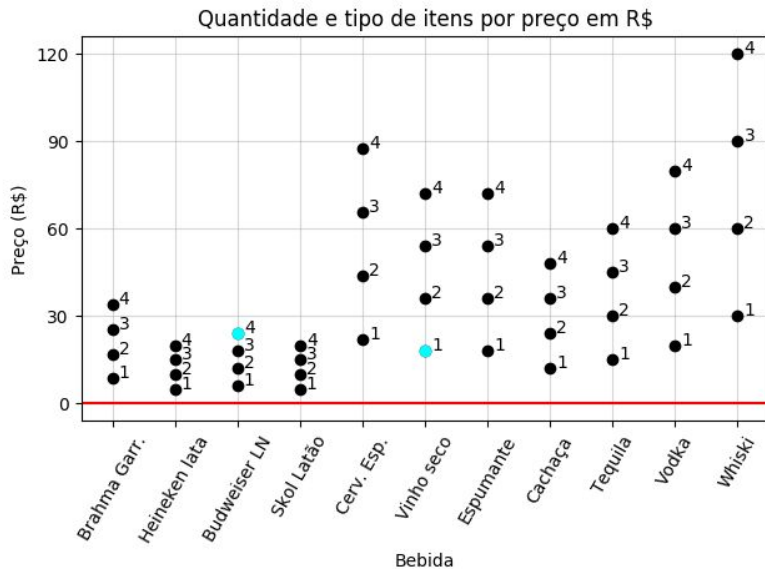
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Budweiser LN: 4

Vinho seco: 1

Conta do bar: R\$42.00

TAS final: 1.19943 g/L





EXPERIMENTO 03

ITENS x TAS (g/l)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199428869141e+00, best bound 1.199428869141e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ---

Sexo: masculino

Peso: 85 kg

Saldo disponível: R\$50.00

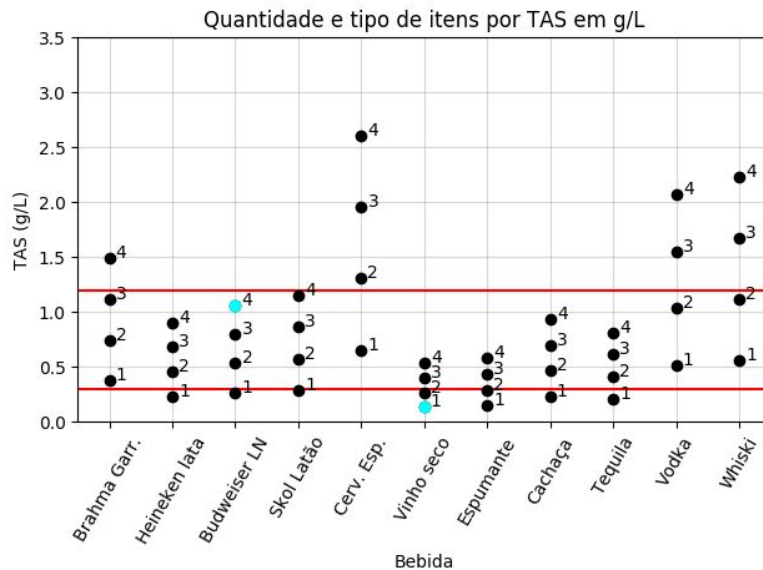
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Budweiser LN: 4

Vinho seco: 1

Conta do bar: R\$42.00

TAS final: 1.19943 g/L





EXPERIMENTO 04

ITENS x PREÇO (R\$)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199690082645e+00, best bound 1.199690082645e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ----

Sexo: feminino

Peso: 75 kg

Saldo disponível: R\$50.00

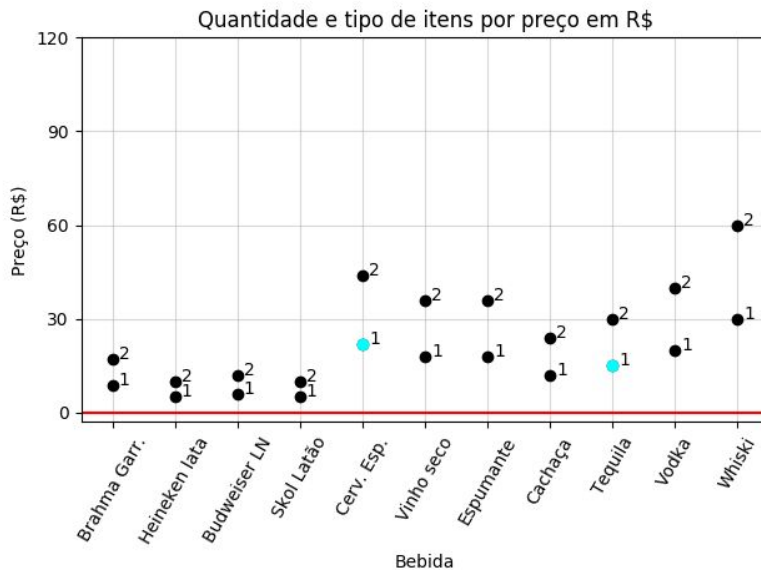
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Cerv. Esp.: 1

Tequila: 1

Conta do bar: R\$36.90

TAS final: 1.19969 g/L





EXPERIMENTO 04

ITENS x TAS (g/l)

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.199690082645e+00, best bound 1.199690082645e+00, gap 0.0000%

--- Resultado Final ----

Sexo: feminino

Peso: 75 kg

Saldo disponível: R\$50.00

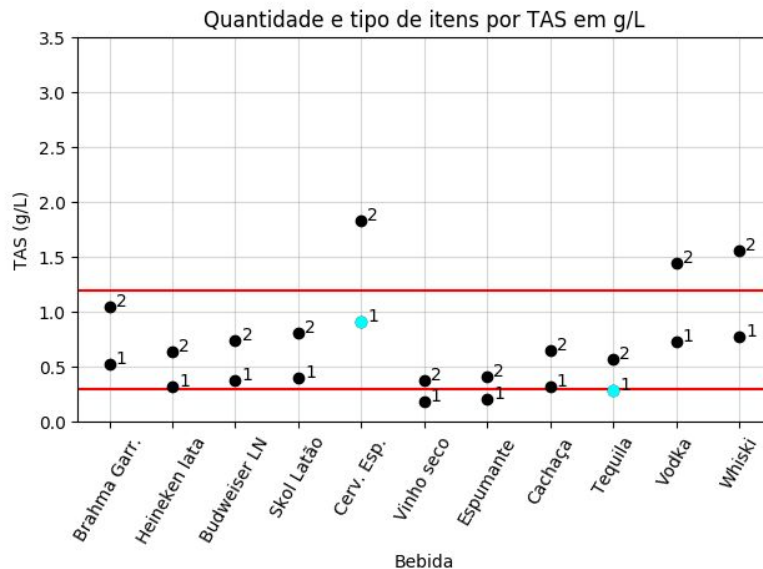
QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Cerv. Esp.: 1

Tequila: 1

Conta do bar: R\$36.90

TAS final: 1.19969 g/L





EXPERIMENTO 05 E 06

PROBLEMA INFATIVEL

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)
Best objective 7.114928698752e-01, best bound 7.114928698752e-01, gap 0.0000%

--- Resultado Final ----

Sexo: feminino
Peso: 85 kg
Saldo disponível: R\$10.00

QUANTIDADE DE ITENS COMPRADOS

Skol Latão: 2

Conta do bar: R\$10.00

TAS final: 0.711493 g/L

Model is infeasible or unbounded
Best objective -, best bound -, gap -
Modelo infativel: saldo monetário insuficiente.

--- Resultado Final ----

Sexo: masculino
Peso: 85 kg
Saldo disponível: R\$9.50

Model is infeasible or unbounded
Best objective -, best bound -, gap -
Modelo infativel: saldo monetário insuficiente.

--- Resultado Final ----

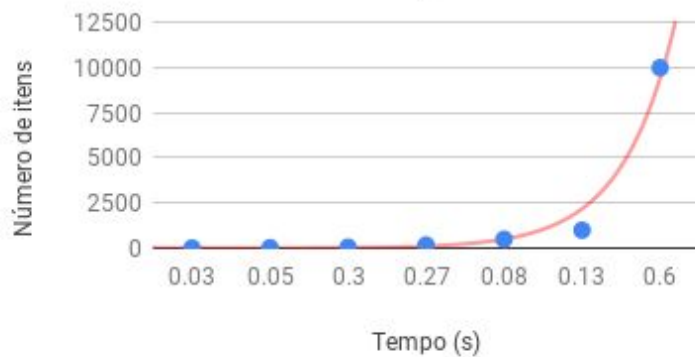
Sexo: masculino
Peso: 105 kg
Saldo disponível: R\$10.00



PERFORMANCE DA SOLUÇÃO PROPOSTA

NÚMERO DE ITENS	TEMPO DE EXECUÇÃO (s)
11	3.0e-2
30	5.0e-2
60	3.0e-2
180	2.7e-2
500	8.0e-2
1k	13e-2
10k	6.0e-1

Número de itens x Tempo



A thick yellow diagonal stripe runs from the top right corner towards the bottom left, separating the white background from a solid yellow area on the right.

6.

CONCLUSÃO



QUAIS FORAM AS LIÇÕES APRENDIDAS?

- ▶ Modelar um problema do cotidiano
- ▶ Desafio de trabalhar com uma área desconhecida
- ▶ Restringir o escopo do problema para diminuir a complexidade
- ▶ Resolução computacional



**SE BEBER,
NÃO DIRIJA!**

De acordo com a OMS, a tolerância é **zero** para a condução de veículos.

Portanto, respeite as leis de trânsito e dirija sempre com segurança.





OBRIGADO!

Perguntas?

Disponibilizaremos o texto completo e o código fonte criado, para aqueles que tiverem interesse.



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NA APRESENTAÇÃO E PARTE ESCRITA

- [1] C. Honorato, “Etiloxidação: se bebi, quando “poderei dirigir com segurança?”, SEJ, vol.18, no 1, p. 88-102, jun. 2013.
- [2] British Broadcasting Corporation - <https://www.bbc.com/portuguese/vertf-ut-42254341> acessado em 23/11/2018 às 22h42
- [3] Widmark EMP. Principle and applications of medicolegal alcohol determination. California(USA): Biomedical Publications; 1981.
- [4] L. Rachkorsky, T. Zerbini, e R. Cintra, Avaliação pericial da embriaguez: legislação e aspectos práticos, SEJ, vol. 17, nº2, p. 44-49, dez. 2012.
- [5] Dubowski KM. Manual for analysis of ethanol in biological liquids. Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation; 1977.
- [6] Amdur MO, Doull J, Klaassen CD. Casarett and Doull’s toxicology: the basic science of poisons. New York: Pergamon Press; 1991.
- [7] Homburger F, Hayes JA, Pelikan EW. Aguide to general toxicology. Basel: Karger; 1983.
- [8] World Health Organization. Drinking and driving: an international good practice manual. Genebra; 2007.
- [9] Algoritmos, Cormen, T. and Leiserson, C. and Rivest, R. ISBN 9788535248616, 2017, 3a ed. Elsevier Editora Ltda.
- [10] S. Martello, P. Toth, Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations, John Wiley and Sons, 1990