



Universidade Federal do Amazonas
Instituto de Computação

2º TRABALHO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
(RACIOCÍNIO PROBABILÍSTICO)

Manaus - AM
2023

ALUNOS: EVANDRO SALVADOR MARINHO DA SILVA - 22052988
DARLYSSON MELO DE LIMA - 21954316

2º TRABALHO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (RACIOCÍNIO PROBABILISTICO)

Trabalho apresentado à Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção de 2º nota de inteligência artificial administrada pelo Professor Edjard Mota, do curso de Engenharia da computação.

Manaus - AM
2023

Conteúdo

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 1 | QUESTÃO 01 | 1 |
| 1.1 | Letra A | 3 |
| 1.2 | Letra B | 6 |
| 2 | QUESTÃO 02 | 7 |
| 2.1 | Letra A | 9 |
| 2.2 | Letra B | 9 |
| 2.3 | Letra C | 10 |
| 2.4 | Letra D | 10 |

1 Questão 01

Marx é um jardineiro amador e deseja analisar estatisticamente sua colheita anual de ervilhas. Para cada vagem de ervilha que colhe, ele mede seu comprimento x_i em centímetros e seu peso y_i em gramas. Ele divide as ervilhas em duas classes, as boas e as ruins (vagens vazias). Os dados medidos (x_i, y_i) são

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|
| Ervilhas boas: | x | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | Ervilhas ruins: | x | 4 | 6 | 6 | 7 |
| | y | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | | y | 2 | 2 | 3 | 3 |

A partir desses dados compute:

Listing 1: *Código Problog para calcular as probabilidades mencionadas na Questão 01*

```
1 % Dados das sementes boas e ruins
pea(1, 2, good).
pea(2, 3, good).
pea(2, 4, good).
pea(3, 4, good).
6 pea(3, 5, good).
pea(4, 5, good).
pea(4, 6, good).
pea(5, 6, good).
pea(6, 6, good).
11 pea(4, 2, bad).
pea(6, 2, bad).
pea(6, 3, bad).
pea(7, 3, bad).

16 % Contagem do total de sementes
total_peas(Total) :-
    findall(1, pea(_, _, _), Pea),
    length(Pea, Total).

21 % Contagem do total de sementes boas
total_good_peas(Total) :-
    findall(1, pea(_, _, good), GoodPeas),
    length(GoodPeas, Total).

26 % Contagem do total de sementes com Y > 3
total_peas_Y_greater_than_3(Total) :-
    findall(1, (pea(_, Y, _), Y > 3), Pea_greater_than_3),
    length(Pea_greater_than_3, Total).
```

```

31 % Contagem do total de sementes boas com Y > 3
total_good_peas_and_Y_greater_3(Total) :-
    findall(1, (pea(_, Y, good), Y > 3), Pea_greater_than_3),
    length(Pea_greater_than_3, Total).

36 % Probabilidade de semente boa ter Y > 3
prob_pea_Y_greater_than_3_good(Result) :-
    total_peas_Y_greater_than_3(Total_Y_greater_than_3),
    total_good_peas(Total_good),
    Result is Total_Y_greater_than_3 / Total_good.

41 % Probabilidade de semente ser boa
prob_pea_good(Result) :-
    total_good_peas(Total_good),
    total_peas(Total_pea),
46     Result is Total_good / Total_pea.

% Probabilidade de semente ter Y > 3
prob_pea_Y_greater_than_3(Result) :-
    total_peas_Y_greater_than_3(Total_Y_greater_than_3),
51     total_peas(Total_pea),
    Result is Total_Y_greater_than_3 / Total_pea.

% Probabilidade de classe ser boa dado y > 3
prob_pea_good_Y_greater_than_3(Result) :-
56     prob_pea_Y_greater_than_3_good(Prob_Y_greater_than_3_good),
    prob_pea_good(Prob_good),
    prob_pea_Y_greater_than_3(Prob_Y_greater_than_3),
    Result is (Prob_Y_greater_than_3_good * Prob_good) /
        Prob_Y_greater_than_3.

61 % Contagem do total de sementes com Y <= 3
total_peas_Y_less_equal_3(Total) :-
    findall(1, (pea(_, Y, _), Y <= 3), Pea_less_equal_to_3),
    length(Pea_less_equal_to_3, Total).

66 % Contagem do total de sementes boas com Y > 3
total_good_peas_and_Y_less_equal_3(Total) :-
    findall(1, (pea(_, Y, good), Y <= 3), Pea_less_equal_to_3),
    length(Pea_less_equal_to_3, Total).

71 % Probabilidade de semente boa ter Y <= 3
prob_pea_Y_less_equal_to_3_good(Result) :-
    total_good_peas_and_Y_less_equal_3(Total_Y_less_equal_to_3_good),
    total_good_peas(Total_good),
    Result is Total_Y_less_equal_to_3_good / Total_good.

```

```

76 % Probabilidade de semente ter Y <= 3
prob_pea_Y_less_equal_to_3(Result) :-
    total_peas_Y_less_equal_3(Total_Y_less_equal_to_3),
    total_peas(Total_pea),
81 Result is Total_Y_less_equal_to_3 / Total_pea.

% Probabilidade de classe ser boa dado y <= 3
prob_pea_good_Y_less_equal_to_3(Result) :-
    prob_pea_Y_less_equal_to_3_good(Prob_Y_less_equal_to_3_good),
86 prob_pea_good(Prob_good),
    prob_pea_Y_less_equal_to_3(Prob_Y_less_equal_to_3),
    Result is (Prob_Y_less_equal_to_3_good * Prob_good) /
        Prob_Y_less_equal_to_3.

query(prob_pea_Y_less_equal_to_3(Result)).
91 query(prob_pea_good_Y_less_equal_to_3(Result)).
query(prob_pea_Y_less_equal_to_3_good(Result)).
query(prob_pea_good_Y_greater_than_3(Result)).
query(prob_pea_Y_greater_than_3_good(Result)).
query(prob_pea_Y_greater_than_3(Result)).
96 query(prob_pea_good(Result)).

query(total_good_peas_and_Y_greater_3(Total)).
query(total_good_peas_and_Y_less_equal_3(Total)).
query(total_peas_Y_greater_than_3(Total)).
101 query(total_peas_Y_less_equal_3(Total)).
query(total_peas(Total)).
query(total_good_peas(Total)).

```

1.1 LETRA A

a) Calcule as probabilidades $P(y > 3 | \text{Classe} = \text{boa})$ **Caso 1** e $P(y \leq 3 | \text{Classe} = \text{boa})$ **Caso 2**. Então use a fórmula de Bayes para determinar $P(\text{Classe} = \text{boa} | y > 3)$ **Caso 3** e $P(\text{Classe} = \text{boa} | y \leq 3)$ **Caso 4**.

Caso 1:

$$P(y > 3 | \text{Classe} = \text{boa}) = \frac{\text{total de ervilhas boas e pesos maiores que 3}}{\text{total de ervilhas boas}} = \frac{7}{9} = 0,7777777777777778$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|---|------------|-------------|
| prob_pea_Y_greater_than_3_good(0.777777777777778) | 94:7 | 1 |
| total_good_peas_and_Y_greater_3(7) | 98:7 | 1 |
| total_good_peas(9) | 103:7 | 1 |

Figura 1: Saídas calculadas a partir do código Problog

Caso 2:

$$P(y > 3 | \text{Classe} = \text{boa}) = \frac{\text{total de ervilhas boas e pesos mnores e igual a 3}}{\text{total de ervilhas boas}} = \frac{2}{9} = 0,222222222222$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|--|------------|-------------|
| prob_pea_Y_less_equal_to_3_good(0.222222222222222) | 92:7 | 1 |
| total_good_peas_and_Y_less_equal_3(2) | 99:7 | 1 |
| total_good_peas(9) | 103:7 | 1 |

Figura 2: Saídas calculadas a partir do código Problog

Para os casos 3 e 4:Aplicando a fórmula de bayes $P(A|B) = \frac{P(A)*P(B|A)}{P(B)}$.

Portanto, podemos detrmnar

$$\text{Caso 3: } P(\text{Classe} = \text{boa} | y > 3) = \frac{P(\text{Classe}=\text{boa})*P(y>3|\text{Classe}=\text{boa})}{P(y>3)}$$

Informações necessarias para aplicamos no caso 3,

Caso 3.1:

$$P(\text{Classe} = \text{boa}) = \frac{\text{total de ervilhas boas}}{\text{total de ervilhas}} = \frac{9}{13} = 0,6923076923076923$$

| Query ▼ | Location | Probability |
|----------------------------------|----------|-------------|
| prob_pea_good(0.692307692307692) | 96:7 | 1 |
| total_good_peas(9) | 103:7 | 1 |
| total_peas(13) | 102:7 | 1 |

Figura 3: Saídas calculadas a partir do código Problog

Caso 3.2:

$$P(y > 3) = \frac{\text{total de ervilhas com pesos maiores que 3}}{\text{total de ervilhas}} = \frac{7}{13} = 0,5384615384615385$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|--|------------|-------------|
| prob_pea_Y_greater_than_3(0.538461538461538) | 95:7 | 1 |
| total_peas_Y_greater_than_3(7) | 100:7 | 1 |
| total_peas(13) | 102:7 | 1 |

Figura 4: Saídas calculadas a partir do código Problog

Com essa informações dos casos 3.1, 3.2 e também com as informações do caso 1, substituímos no caso 3

Caso 3:

$$P(\text{Classe} = \text{boa} | y > 3) = \frac{P(\text{Classe} = \text{boa}) * P(y > 3 | \text{Classe} = \text{boa})}{P(y > 3)} = \frac{7/9 * 9/13}{7/13} = 1$$

| Query ▼ | Location | Probability |
|--|----------|-------------|
| prob_pea_good_Y_greater_than_3(1.0000000000000001) | 93:7 | 1 |

Figura 5: Saídas calculadas a partir do código Problog

Portanto, podemos detrmnar

$$\textbf{Caso 4: } P(\text{Classe} = \text{boa} | y \leq 3) = \frac{P(\text{Classe}=\text{boa}) * P(y \leq 3 | \text{Classe}=\text{boa})}{P(y \leq 3)}$$

Informações necessarias para aplicamos no caso 4,

Caso 4.1:

$$P(y \leq 3) = \frac{\text{total de ervilhas com pesos menores e iguais a 3}}{\text{total de ervilhas}} = \frac{6}{13} = 0,461538461538462$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|---|------------|-------------|
| prob_pea_Y_less_equal_to_3(0.461538461538462) | 90:7 | 1 |
| total_peas_Y_less_equal_3(6) | 101:7 | 1 |
| total_peas(13) | 102:7 | 1 |

Figura 6: Saídas calculadas a partir do código Problog

Com essa informações dos casos 3.1, 4.1 e também com as informações do caso 2, substituímos no caso 4

Caso 4:

$$P(\text{Classe} = \text{boa} | y \leq 3) = \frac{P(\text{Classe} = \text{boa}) * P(y \leq 3 | \text{Classe} = \text{boa})}{P(y \leq 3)} = \frac{2/9 * 9/13}{6/13} = 1/3 = 0,33333333$$

| Query ▼ | Location | Probability |
|---|----------|-------------|
| prob_pea_good_Y_less_equal_to_3(0.33333333333332) | 91:7 | 1 |

Figura 7: Saídas calculadas a partir do código Problog

1.2 LETRA B

b) Quais dessas probabilidades computadas no item (a) contradizem a sentença “Todas as ervilhas boas pesam mais que 3 gramas”?

A sentença "Todas as ervilhas boas pesam mais que 3 gramas" implica que a probabilidade de uma ervilha boa pesar mais que 3 gramas ($P(Y > 3 \mid \text{Classe} = \text{boa})$) deve ser igual a 1, ou seja, todas as ervilhas boas devem pesar mais de 3 gramas.

No entanto, ao calcular a probabilidade $P(Y > 3 \mid \text{Classe} = \text{boa})$ no Caso 1, obtemos um valor de $2/3$, o que significa que não todas as ervilhas boas pesam mais de 3 gramas. Portanto, essa probabilidade não é igual a 1, o que indica que a sentença "Todas as ervilhas boas pesam mais que 3 gramas" não é verdadeira com base nos dados e probabilidades fornecidos.

Em resumo, a probabilidade calculada no Caso 1 ($P(Y > 3 \mid \text{Classe} = \text{boa}) = 2/3$) contradiz a sentença, pois demonstra que algumas das ervilhas boas pesam menos de 3 gramas, refutando a afirmação de que todas as ervilhas boas têm um peso superior a 3 gramas.

2 Questão 02

Neste exercício você deve prever o tempo da tarde usando alguns valores meteorológicos simples da manhã deste dia. O cálculo de probabilidade clássico para isso requer um modelo completo, que é fornecido na tabela a seguir.

| Céu | Barometro | Precipitação | $P(\text{Bar, Ceu, Prec})$ |
|---------|-----------|--------------|----------------------------|
| Claro | subindo | seco | 0.4 |
| Claro | subindo | chuva | 0.07 |
| Claro | caindo | seco | 0.08 |
| Claro | caindo | chuva | 0.1 |
| nublado | caindo | seco | 0.09 |
| nublado | subindo | chuva | 0.11 |
| nublado | subindo | seco | 0.03 |

A partir desses dados compute:

Listing 2: *Código Problog para calcular as probabilidades mencionadas na Questão 02*

```
% Dados
2 weather(clear,rising,dry, 0.4).
  weather(clear,rising,raining, 0.07).
  weather(clear,falling,dry, 0.08).
  weather(clear,falling,raining, 0.1).
  weather(cloudy,falling,dry, 0.09).
7  weather(cloudy,rising,raining, 0.11).
  weather(cloudy,rising,dry, 0.03).

% Questap a) Total de eventos
p_counting(Total) :-
12  findall(1, weather(_,_,_,_), P),
```

```

length(P,Total).

% Probabilidade de ceu Claro e barometro Subindo
p_clear_rising(Result) :-
17     weather(clear,rising,dry, X),
        weather(clear,rising,raining, Y),
        Result is X + Y.

% Probabilidade de ceu Claro, barometro Subindo e precipita o
    Seco
22 p_dry_clear_rising(Result) :-
        weather(clear,rising,dry, X),
        Result = X.

% Quest o b) Probabilidade de precipita o Seco dado ceu
    Claro e barometro Subindo
27 p_dry_given_clear_rising(Result) :-
        p_clear_rising(Prob1),
        p_dry_clear_rising(Prob2),
        Result is Prob2 / Prob1.

32
% Coluna que falta na tabela com valor de probabilidade 0.12
weather(cloudy,falling,raining,0.12).

% Probabilidade de ceu Nublado e precipita o Chuva
37 p_raining_cloudy(Result) :-
        weather(cloudy,rising,raining, X),
        weather(cloudy,falling,raining, Y),
        Result is X+Y.

42 % Probabilidade de ceu Nublado
p_cloudy(Result) :-
        weather(cloudy,falling,dry, X1),
        weather(cloudy,rising,raining, X2),
        weather(cloudy,rising,dry, X3),
47     weather(cloudy,falling,raining, X4),
        Result is X1+X2+X3+X4.

% Quest o c) Probabilidade de precipita o Chuva dado ceu
    Nublado
52 p_raining_given_cloudy(Result) :-
        p_cloudy(Prob1),
        p_raining_cloudy(Prob2),
        Result is Prob2 / Prob1.

%query(p_counting(Total)).

```

```

57 %query(p_clear_rising(Result)).
    %query(p_dry_clear_rising(Result)).
    %query(p_dry_given_clear_rising(Result)).
    query(p_raining_cloudy(Result)).
    query(p_cloudy(Result)).
62 query(p_raining_given_cloudy(Result)).

```

2.1 LETRA A

a) Quantos eventos existem na distribuição dessas variáveis?

- Para céu, tem duas possibilidades: nublado ou claro
- Para o barômetro, há duas possibilidades: subindo ou caindo
- Para precipitação, tem duas possibilidades: seco ou chuva

Número total de eventos é $2 \times 2 \times 2 = 8$. Os eventos possíveis são:

1. claro, subindo, seco
2. claro, subindo, chuva
3. claro, caindo, seco
4. claro, subindo, chuva
5. nublado, subindo, seco
6. nublado, subindo, chuva
7. nublado, caindo, seco
8. nublado, subindo, chuva

| Query ▼ | Location | Probability |
|---------------|----------|-------------|
| p_counting(8) | 56:7 | 1 |

Figura 8: Resposta do programa com total de eventos, feito em problog

2.2 LETRA B

b) Compute $P(\text{Prec} = \text{seco} \mid \text{Céu} = \text{claro}, \text{Bar} = \text{subindo})$.

$$\begin{aligned}
 P(\text{Prec} = \text{seco} \mid \text{Céu} = \text{claro}, \text{Bar} = \text{subindo}) &= \frac{P(\text{Prec} = \text{seco}, \text{Céu} = \text{claro}, \text{Bar} = \text{subindo})}{P(\text{Céu} = \text{claro}, \text{Bar} = \text{subindo})} = \\
 &= \frac{0.4}{0.47} = 0.851063829787234
 \end{aligned}$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|---|------------|-------------|
| p_clear_rising(0.47) | 57:7 | 1 |
| p_dry_given_clear_rising(0.851063829787234) | 59:7 | 1 |
| p_raining_cloudy(0.23) | 60:7 | 1 |

Figura 9: Saídas calculadas a partir do código Problog

2.3 LETRA C

c) Compute $P(\text{Prec} = \text{chuva} \mid \text{Céu} = \text{nublado})$.

Para essa questão foi necessario adicionar a questão o caso: (nublado, caindo, chuva) com a probabilidade de 0.12.

$$P(\text{Prec} = \text{chuva} \mid \text{Céu} = \text{nublado}) = \frac{P(\text{Prec} = \text{chuva} \mid \text{Céu} = \text{nublado})}{P(\text{Céu} = \text{nublado})} = \frac{0.23}{0.35} = 0.657142857142857$$

| Query | Location ▼ | Probability |
|---|------------|-------------|
| p_raining_cloudy(0.23) | 60:7 | 1 |
| p_cloudy(0.35) | 61:7 | 1 |
| p_raining_given_cloudy(0.657142857142857) | 62:7 | 1 |

Figura 10: Saídas calculadas a partir do código Problog

2.4 LETRA D

d) O que deveria ser feito se a última linha fosse omitida da tabela?

Dado que a medida de probabilidade em falta é 0,15, e o princípio da indiferença exige que as probabilidades sejam atribuídas de maneira simétrica, podemos distribuir igualmente o valor ausente entre as duas combinações de valores ausentes. Nesse caso, a probabilidade 0,15 deve ser dividida igualmente entre as duas combinações ausentes.

Isso significa que cada uma das duas combinações ausentes (Prec = "seco", Céu = "chuvoso", Bar = "subindo" e Prec = "chuva", Céu = "claro", Bar = "descendo") receberá metade desse valor:

- Para Prec = "seco", Céu = "chuvoso", Bar = "subindo", atribuiríamos $0,15 / 2 = 0,075$.
- Para Prec = "chuva", Céu = "claro", Bar = "descendo", também atribuiríamos $0,15 / 2 = 0,075$.

Isso garante que as probabilidades sejam distribuídas de maneira justa e simétrica entre as combinações ausentes, respeitando o princípio da indiferença. Portanto, as probabilidades para essas duas combinações ausentes seriam ambas igualmente definidas como 0,075.