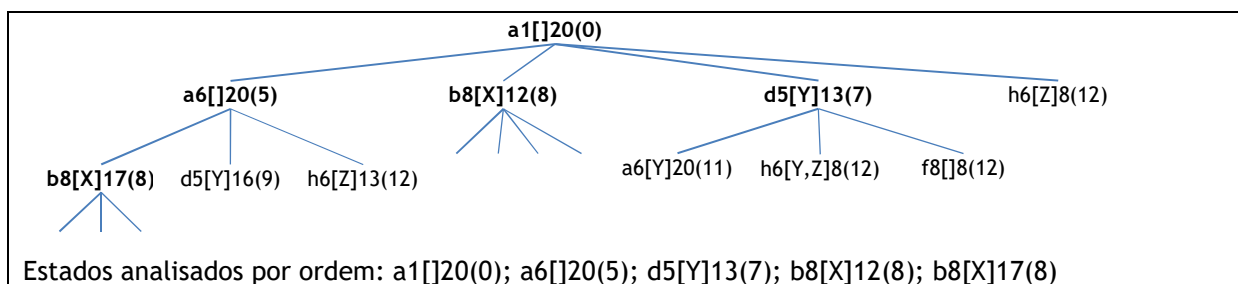


1. [4 valores] Um robô móvel tem como objetivo o transporte de objetos do ponto onde estão até ao seu ponto destino. A grelha ao lado mostra o local inicial do robô R, de cada objeto X, Y e Z, dos seus destinos (X_f , Y_f e Z_f) e do carregador de bateria (\pm). O robô tem uma autonomia de 20 células, podendo recarregar a bateria **uma única vez**. O robô pode deslocar-se para posições adjacentes na horizontal ou na vertical, e pode transportar no máximo 2 objetos de cada vez, um em cima do outro. Nessa situação, o objeto que fica por cima (o segundo a ser apanhado) tem que ser descarregado primeiro. Os objetos só podem ser descarregados no seu ponto de destino. Dados os seus diferentes tamanhos, um objeto maior nunca pode ser transportado em cima de um menor, sendo que $X > Y > Z$. Por exemplo, não é possível transportar Y por cima de Z.

	a	b	c	d	e	f	g	h
1	R							Z_f
2								
3						X_f		
4								
5				Y				
6	\pm							Z
7								
8		X				Y_f		

Pretende-se encontrar a solução com menor distância percorrida. Nos exercícios que se seguem, represente cada estado da forma $a1[]20$, que indica que o robô está na posição a1, não tem qualquer objeto (lista vazia) e tem autonomia de 20 células. Outro exemplo: $h6[X,Z]13$, em que o robô está na posição h6, transporta Z em cima de X e tem autonomia de 13 células. Note que só interessa representar os estados em que o robô se encontra num ponto de interesse, isto é, a6, b8, d5, f3, f8, h1 ou h6.

- a) Começando no estado $a1[]20$, determine os 5 primeiros estados analisados pela estratégia de pesquisa do custo uniforme, apresentando os seus custos associados.



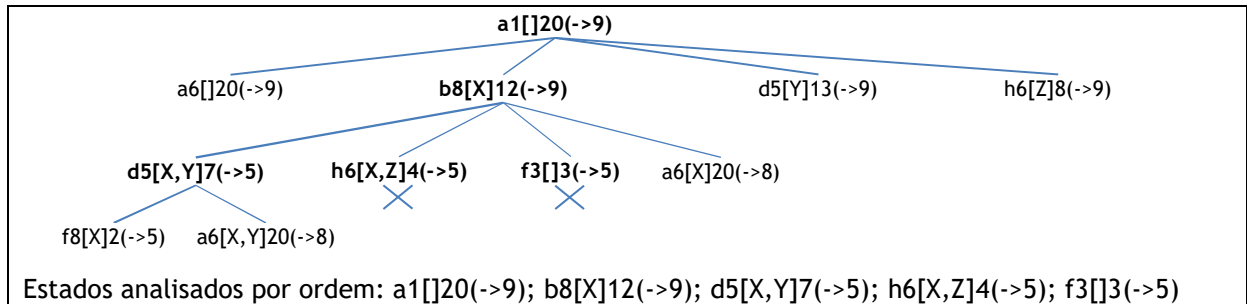
- b) Seja Θ o conjunto de objetos existentes, N_i o número de objetos na sua posição inicial e N_f o número de objetos na sua posição final. Indique se, em geral, cada uma das seguintes funções heurísticas é admissível (prove com exemplos nos casos em que não forem):

- $h_1 = N_i$
- $h_2 = |\Theta| - N_f$, onde $|\Theta|$ representa o número de objetos existentes
- $h_3 = \sum_{o \in \Theta} dist(o)$, onde $dist(o)$ representa a distância Manhattan do objeto o desde a sua posição atual até à sua posição final
- $h_4 = \max dist(o), o \in \Theta$

Admitindo que os objetos nunca têm posição inicial igual à posição final, e que as posições finais nunca se sobrepõem:

- h_1 : admissível, pois é sempre necessário o robô deslocar-se pelo menos 1 célula para cada objeto (subestima muito na maior parte das situações).
- h_2 : admissível, pois é sempre necessário o robô deslocar-se pelo menos 1 célula para cada objeto, mesmo para aqueles que estão já no robô.
- h_3 : não admissível, pois para entregar 2 objetos pode haver parte do caminho em comum. Por exemplo, para a situação $RXY _ _ _ \boxed{Y} \boxed{X}$, h_3 dá 11, mas o custo real é de 6, logo sobrestima.
- h_4 : admissível, iguala o custo real quando só 1 dos objetos está por colocar na sua posição final.

- c) Começando no estado $a1[]20(->9)$ e utilizando a função heurística h_4 , determine os 5 primeiros estados analisados pela estratégia de pesquisa gulosa (greedy), apresentando o seu valor heurístico.



2. [4 valores] Com base na tabela ao lado, pretende-se prever a utilização de telefones móveis (*Usage*) por indivíduos com base no seu vencimento (*Income*), idade (*Age*), formação académica (*Education*) e estado civil (*Marital St.*).

Income	Age	Education	Marital St.	Usage
Low	Old	University	Married	Low
Medium	Young	College	Single	Medium
Low	Old	University	Married	Low
High	Young	University	Single	High
Low	Old	University	Married	Low
High	Young	College	Single	Medium
Medium	Young	College	Married	Medium
Medium	Old	High School	Single	Low
High	Old	University	Single	High
Low	Old	High School	Married	Low
Medium	Young	College	Married	Medium
Medium	Old	High School	Single	Low
High	Old	University	Single	High
Low	Old	High School	Married	Low
Medium	Young	College	Married	Medium

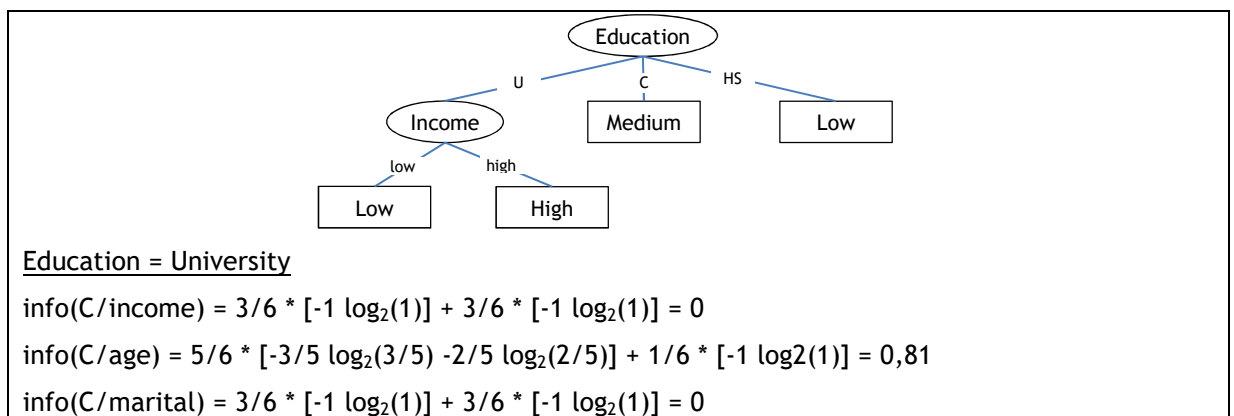
- a) Calcule a informação média para esta classificação.

$$\text{info}(C) = -7/15 \log_2(7/15) - 5/15 \log_2(5/15) - 3/15 \log_2(3/15) = 0,513 + 0,528 + 0,464 = 1,506$$

- b) Com base nos 15 elementos da tabela, já se conhece:

$$\begin{aligned} \text{info}(C/\text{income}) &= 0,58; & \text{info}(C/\text{age}) &= 0,72; \\ \text{info}(C/\text{edu}) &= 0,4; & \text{info}(C/\text{marital}) &= 1,24. \end{aligned}$$

Utilizando o critério do ganho da informação, apresente uma árvore de decisão que permita classificar corretamente todos os exemplos.



- c) Utilizando o critério da razão do ganho, a árvore seria diferente? Justifique com cálculos.

$$\begin{aligned} \text{SplitInfo}(S, \text{income}) &= -5/15 \log_2(5/15) - 6/15 \log_2(6/15) - 4/15 \log_2(4/15) = 0,528 + 0,529 + 0,509 = 1,566 \\ \text{SplitInfo}(S, \text{age}) &= -9/15 \log_2(9/15) - 6/15 \log_2(6/15) = 0,442 + 0,529 = 0,971 \\ \text{SplitInfo}(S, \text{edu}) &= -6/15 \log_2(6/15) - 5/15 \log_2(5/15) - 4/15 \log_2(4/15) = 1,566 \\ \text{SplitInfo}(S, \text{marital}) &= -8/15 \log_2(8/15) - 7/15 \log_2(7/15) = 0,484 + 0,513 = 0,997 \end{aligned}$$

$$\text{GainRatio}(S, \text{income}) = (1,506 - 0,58)/1,566 = 0,591$$

$$\text{GainRatio}(S, \text{age}) = (1,506 - 0,72)/0,971 = \boxed{0,809}$$

$$\text{GainRatio}(S, \text{edu}) = (1,506 - 0,4)/1,566 = 0,706$$

$$\text{GainRatio}(S, \text{marital}) = (1,506 - 1,24)/0,997 = 0,267$$

A Árvore seria diferente, pois o atributo na raiz seria "Age" em vez de "Education".

3. [4 valores] Para determinação do risco associado a projetos, é usado o seguinte conjunto de regras:

R1: Se equipa < 10 e equipamento < 10k então financiamento é médio (FC=0,9)

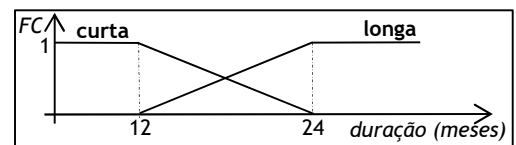
R2: Se duração curta e equipa < 12 então financiamento é médio (FC=0,8)

R3: Se duração longa ou equipa > 20 então financiamento é alto (FC=0,9)

R4: Se financiamento é médio e equipa especializada então risco é médio (FC=0,7)

R5: Se financiamento é alto e impacto baixo então risco é elevado (FC=1).

O projeto **Proj_X** possui uma equipa de 8 elementos, equipamento estimado em 8k (FC=0,8), duração de 15 meses, uma equipa especializada (FC=0,7) e baixo impacto. O conceito *duração* é descrito pelo conjunto difuso da figura ao lado.



a) Pelo conjunto de regras apresentado, qual o fator de certeza com que conclui qual o risco (médio e/ou elevado) do projeto **Proj_X**? Apresente todos os cálculos que efetuar.

duracao = 15 meses -> duração curta (0,75)

-> duração longa (0,25)

financiamento medio (R1) : $\min(1; 0,8) * 0,9 = 0,72$

financiamento medio (R2) : $\min(0,75; 1) * 0,8 = 0,6$

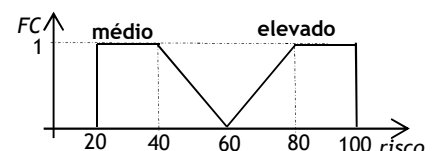
financiamento alto (R3) : $\max(0,25; 0) * 0,9 = 0,225$

financiamento medio (R1 e R2): $0,6 + 0,72 * (1 - 0,6) = 0,888$

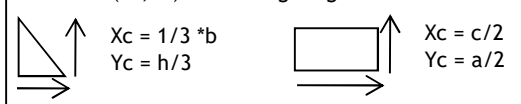
risco medio (R4) : $\min(0,888; 0,7) * 0,7 = 0,49$

risco elevado (R5) : $\min(0,225; 1) * 1 = 0,225$

b) O *risco* de um projeto é visto como a probabilidade de este ter insucesso. A figura ao lado apresenta a função de pertinência do conjunto difuso *risco*. Qual a probabilidade de insucesso do projeto **Proj_X**? Apresente todos os cálculos que efetuar.



Centróide (Xc, Yc) de uma figura geométrica:



$$\text{risco medio} \rightarrow (0-1)/(60-40) = (0-0,445)/(60-x_{\text{int}})$$

$$\begin{aligned}x_{int-60} &= -20 \cdot 0,49 \rightarrow x_{int} = 60 - 9,8 = 50,2 \\ \text{risco elevado} &\rightarrow (0-1)/(60-80) = (0-0,225)/(60-x_{int}) \\ x_{int-60} &= 20 \cdot 0,225 \rightarrow x_{int} = 60 + 4,5 = 64,5 \\ A1 &= (50,2-20) \cdot 0,49 = 14,8 \quad , \quad X1 = (50,2-20)/2 + 20 = 35,1 \\ A2 &= (60-50,2) \cdot 0,49/2 = 2,4 \quad , \quad X2 = (60-50,2)/3 + 50,2 = 53,4 \\ A3 &= (64,5-60) \cdot 0,225/2 = 0,5 \quad , \quad X3 = (64,5-60) \cdot 2/3 + 60 = 63 \\ A4 &= (100-64,5) \cdot 0,225 = 7,98 \quad , \quad X4 = (100-64,5)/2 + 64,5 = 82,25 \\ X &= (35,1 \cdot 14,8 + 53,4 \cdot 2,4 + 63 \cdot 0,5 + 82,25 \cdot 7,98) / (14,8 + 2,4 + 0,5 + 7,98) = 52\end{aligned}$$

4. [8 valores] Responda a seis (6) das seguintes sete (7) questões (cada uma em 5-10 linhas).

- a) Considere a regra: "o médico verifica pescoço rígido e conclui meningite (5%)". Poderemos dizer que esta é uma regra causal? Porquê? Qual o perigo de juntar regras causais e de diagnóstico no processo de inferência?

É uma regra de diagnóstico, parte das perceções (sintomas) para a decisão.

Juntar regras causais e de diagnóstico pode originar ciclos no processo de inferência.

- b) Considere que está a usar arrefecimento simulado num problema de maximização. O estado atual tem um valor de 10, e o valor de cada estado sucessor é $v(S1)=8$, $v(S2)=12$ e $v(S3)=5$. Com um valor de temperatura $T=10$, quais são as probabilidades de aceitar cada um dos sucessores $S1$, $S2$ e $S3$?

$$p = e^{\Delta E/T}$$

$$p(S1) = e^{(8-10)/10} = 0,818 \quad ; \quad p(S2) = 1 \text{ (pois } v(S1) > v(\text{atual}) \text{)} \quad ; \quad p(S3) = e^{(5-10)/10} = 0,606$$

- c) Uma população genética contém os seguintes três cromossomas e respectivo resultado da "função de adaptação": $fa(0101)=57$; $fa(1110)=29$; $fa(0011)=42$. Qual é a probabilidade de o cromossoma 1110 ser escolhido para cruzamento?

$$\Sigma fa = 128$$

$$p(1110) = 29/128 = 0,226$$

- d) Comente a seguinte afirmação: "No minimax, a aplicação de cortes alfa-beta introduz incerteza quanto à avaliação do estado do jogo, pois deixa de ser necessário analisar todos os estados".

A afirmação é falsa. Os cortes alfa-beta apenas eliminam (cortam) ramos da árvore que nunca fariam parte da solução. Os estados que deixam de se analisar não são estados vencedores.

- e) Construa uma DCG que permita validar a sintaxe de frases do tipo "A Maria pratica atletismo diariamente". Efetue também a validação de um teste semântico.

- f) Para análise, foram recolhidos diferentes cogumelos, sendo apresentados na tabela 3 exemplos. Que conceitos retiraria da aplicação do algoritmo "Indução sobre as Explicações" a estes 3 exemplos? Explique.

Atributo	cogumelo 1	cogumelo 2	cogumelo 3
caule	longo	curto	medio
textura caule	manchas	enrugada	lisa
campânula	redonda	lisa	redonda
textura_camp.	lisa	enrugada	lisa

Conceito 1: Cogumelos de campânula redonda (retirado de cogumelo1 vs cogumelo3)

Conceito 2: Cogumelos com textura de campânula lisa (retirado de cogumelo1 vs cogumelo3)

Conceito 3: Cogumelos de textura homogênea, i.e., textura do caule igual a textura da campânula (retirado de cogumelo2 e cogumelo3)

- g) Pretende-se usar uma rede neuronal para a classificação de elementos caracterizados por dois atributos, em que cada um pode assumir os valores 0, 1 ou 2. Um elemento é classificado como classe A se pelo menos um dos seus atributos possui valor 2, senão é classificado como classe B. Esta classificação pode ser realizada por um perceptrão? Explique.

Não, um perceptrão não consegue realizar esta classificação. O problema não é linearmente separável.

