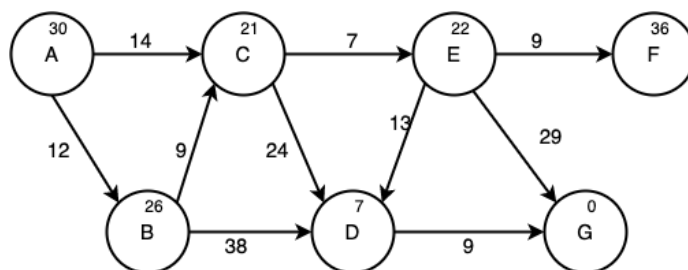


Nota: A cotação de cada exercício (para 20 valores) é apresentada entre parênteses retos.

1. [6] Considere o seguinte espaço de estados onde o estado A é o estado inicial, o estado G é o estado objetivo, os valores junto aos arcos correspondem ao custo de ir de um estado a outro e os valores dentro dos círculos correspondem ao valor da heurística do estado correspondente:



Por que ordem são expandidos os estados e qual a solução encontrada se for utilizada

a) [2] a procura uniforme (*uniform cost search*)?

b) [1] a procura sôfrega (*greedy search*)?

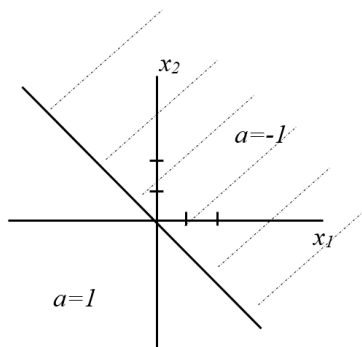
c) [2] a procura A*?

Em cada alínea mostre a evolução da fronteira. Mostre sempre, para cada estado, o valor de f . Considere que, em caso de empate, os estados são explorados por ordem alfabética.

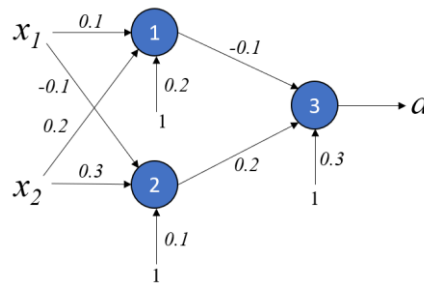
d) [1] Qual o menor custo das soluções encontradas nas alíneas anteriores?

2. [4] O *maximum stable set problem* é um problema de otimização que consiste em encontrar o maior subconjunto de vértices de um grafo não direcionado entre os quais não existam arestas. Descreva como resolveria este problema utilizando algoritmos genéticos. Mais concretamente, indique como representaria os indivíduos [1.5], como os avaliaria [1.5] e que operadores genéticos utilizaria [1].

3. [2] Considere um percetor com os pesos $(w_1, w_2, b)^T$ e saída a . Determine os valores dos pesos (incluindo o *bias*) para que o percetor divida o espaço das entradas de acordo com o gráfico em \mathbb{R}^2 ilustrado abaixo. Escreva também a expressão matemática que relaciona a saída do percetor a com as entradas x_1 e x_2 .



4. [4] Considere a rede neuronal representada na figura abaixo, em que todas as unidades utilizam a função sigmóide como função de ativação.



- a) [1.5] Calcule a saída da rede para o vetor de entrada $[x_1, x_2] = [1, 1]$.
- b) [1.5] Usando o algoritmo *Backpropagation*, calcule os erros delta (δ) para as unidades da rede assumindo que a saída desejada é 0.
- c) [1] Altere os pesos das ligações de x_1 à unidade 1, da unidade 2 à unidade 3 e do *bias* da unidade 3, usando a expressão de alteração dos pesos abordada nas aulas. Utilize uma velocidade de aprendizagem igual a 0.5.
5. [4] Utilizando o algoritmo ID3 e recorrendo ao cálculo do ganho de informação, construa uma árvore de decisão ótima que permita classificar corretamente os seguintes dados. Nota: em baixo é fornecida uma tabela de logaritmos de base 2 e uma tabela de entropias. As entropias que não constam da tabela devem ser calculadas.

Exemplo	A	B	C	Classe
1	S	X	1	Y
2	S	X	1	Y
3	N	Y	2	N
4	N	Y	1	N
5	N	Y	1	N
6	N	Y	2	Y
7	N	Y	1	N
8	S	Y	2	N
9	S	Y	1	Y

Tabela de entropias:

$I(1, 2) = 0.918$
 $I(1, 3) = 0.811$
 $I(1, 4) = 0.722$
 $I(2, 3) = 0.971$
 $I(2, 5) = 0.86141$

Tabela de logaritmos:

$\log_2(1/3) = -1.58$	$\log_2(1/4) = -2.00$
$\log_2(1/5) = -2.32$	$\log_2(1/6) = -2.58$
$\log_2(1/7) = -2.80$	$\log_2(2/3) = -0.58$
$\log_2(2/5) = -1.32$	$\log_2(2/7) = -1.79$
$\log_2(3/4) = -0.42$	$\log_2(3/5) = -0.74$
$\log_2(3/7) = -1.22$	$\log_2(4/5) = -0.32$
$\log_2(4/7) = -0.81$	$\log_2(5/6) = -0.26$
$\log_2(5/7) = -0.49$	$\log_2(6/7) = -0.22$
$\log_2(3/8) = -1.42$	$\log_2(5/8) = -0.68$
$\log_2(1/9) = -3.17$	$\log_2(2/9) = -2.17$
$\log_2(4/9) = -1.17$	$\log_2(5/9) = -0.85$
$\log_2(7/9) = -0.36$	$\log_2(8/9) = -0.17$