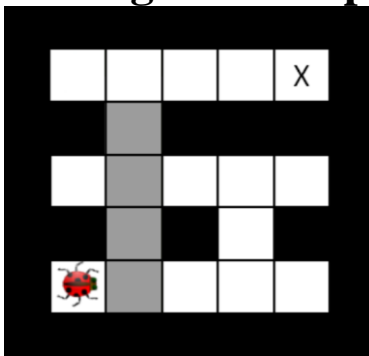


# Introdução à Inteligência Artificial — Tipo – 2019/20

Nº Aluno: \_\_\_\_\_ Nome Completo: \_\_\_\_\_

Exame com consulta. Responda às perguntas nesta própria folha, nos espaços indicados. Duração: 2h30m

## (I) Paradigma do Espaço de Estados (3.5 valores)



Considera um labirinto quadriculado bidimensional com uma joaninha que parte de uma posição inicial pretendendo chegar ao seu destino, marcado com X, no menor número de passos, e que se pode mover nas 4 orientações ortogonais (norte, sul, este e oeste) ou ficar na mesma casa. Todas as acções têm um custo de 1. A Joaninha tem sempre de passar através de túneis parcialmente inundados (a cinzento na figura). Para passar através desses túneis a joaninha tem de reter a respiração e ela pode retê-la durante um número A de instantes (cada acção corresponde a um instante). Sem ar não pode estar numa casa inundada.

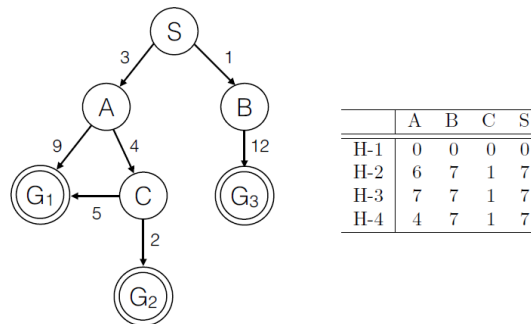
A acção de se mover para uma casa inundada custa ao insecto vermelhinho o gasto de 1 unidade de ar enquanto que ao mover-se para uma casa livre lhe permite preencher o seu reservatório de ar. Um exemplo de labirinto é o da figura ao lado esquerdo, em que a joaninha começa na casa mais ao fundo e à esquerda e pretende ir para a casa marcada com um X no menor número de passos

- Como representarias o problema em termos de um espaço de estados, com a informação mínima necessária? Notem que essa representação deve ser usada para labirintos genéricos, não se podendo restringir à particularidade do labirinto da figura, mas obrigando sempre a que a Joaninha tenha de atravessar túneis inundados. Indique uma representação mínima para os estados (com o estado inicial e final) e os operadores de transição entre estados.
- Esboça uma dimensão para o espaço de estados
- A heurística que corresponde à distância de manhatan da Joaninha ao objectivo + A é ou não uma heurística consistente? Justifica a tua resposta.
- O algoritmo de aprofundamento progressivo em árvore seria uma boa opção para este problema? Justifica a tua resposta.

## (II) Procura num Espaço de Estados (2.5+1)

Um aspecto importante nos algoritmos de pesquisa prende-se com a resolução dos casos de empates. Por norma nos exames usa-se a ordem alfabética e a antiguidade. Neste caso, vamos fazer uma variação e tratar dos empates de modo aleatório: em caso de empate, escolhe-se para expansão um dos nós ao acaso.

- Para o grafo e as heurísticas em baixo, considerando que são 0 nos estados finais, selecciona todos os estados finais, G1, G2 ou G3, que podem ser atingidos pelos algoritmos indicados, a partir de S.

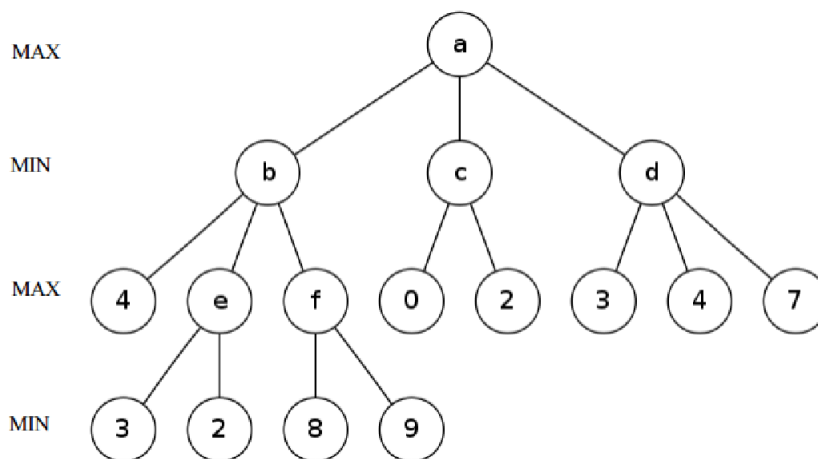


Largura em Grafo	G1	G2	G3
Aprof. Progressivo	G1	G2	G3
A* (H1)	G1	G2	G3
Melhor Primeiro em grafo (H3)	G1	G2	G3
Melhor Primeiro (H4)	G1	G2	G3
A* com (H3)	G1	G2	G3
A* em grafo (H2)	G1	G2	G3
Melhor Primeiro (H2)	G1	G2	G3

b. Para que heurísticas, H1, H2, H3 ou H4, é que o A\* com otimização, i.e. com programação dinâmica, garante sempre a solução óptima, partindo de qualquer dos nós como inicial. Uma solução óptima é a de menor distância a um qualquer estado final.

### (III) Procura com Adversário (2+0.75+0.75)

a) Considere a seguinte árvore de jogo e execute o algoritmo alfa-beta:



b) Para conseguir um número de cortes máximo, reordene os sucessores dos nós.

c) Aplique o algoritmo alfa-beta supondo um valor de alfa e de beta iniciais de 5 e de 8 respectivamente.

## (IV) Problemas de Satisfação de Restrições (1.5+0.75+0.75)

a) O EstudantePac, BébéPac, MãePac, PaiPac, AvôPac, e o amigo fantasma estão alinhados e as posições estão numeradas de 1 a 6, em que 1 tem 2 como vizinha, 2 tem como vizinhas 1 e 3, etc., 5 tem como vizinhas 4 e 6, e 6 tem como vizinha 5. Cada uma ocupa exactamente uma posição. Sabemos que o BébéPac tem que ter o seu pai e a sua mãe ao seu lado. O AvôPac precisa de estar perto do fantasma. O EstudantePac tem de estar na posição 1 ou 2. Formula este problema como um problema de satisfação de restrições: lista as variáveis, os seus domínios e as restrições. Representa as restrições unárias como restrições em vez de filtrares os respectivos domínios.

b) Considera um PSR com as variáveis  $X$  e  $Y$  com os domínios respectivos de  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  e  $\{2, 4, 6\}$  e com as duas restrições seguintes:

$$X < Y$$

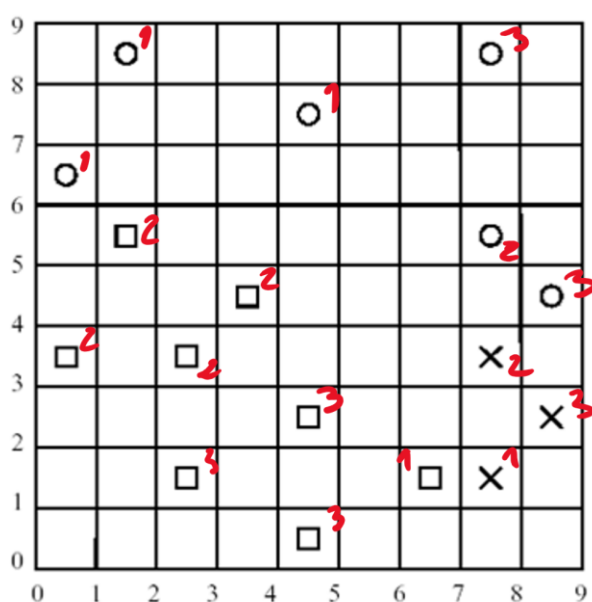
$$X + Y > 8.$$

Lista os valores que permanecem no domínio depois de forçarmos a consistência dos arcos para o arco  $X \rightarrow Y$ .

c) Imagine que estamos a usar a procura com retrocesso, com verificação para a frente ("forward checking"), e que escolhemos a variável com menor domínio, para afectação, e os valores por ordem crescente. Desenhe a árvore de procura até à primeira solução.

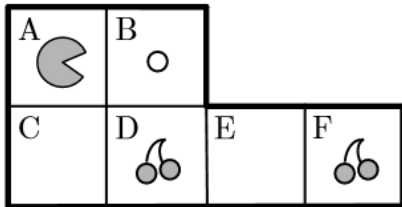
## (V) Aprendizagem Automática (1.75+1.75)

Considere os dados apresentados na quadrícula a seguir, descritos por dois atributos (eixos  $x$  e  $y$ , com valores inteiros entre 0 e 8) e classificados em 3 classes, representadas por quadrados, cruzes ou círculos. Usando o algoritmo ID3 estendido para fazer testes binários sobre atributos numéricos e uma validação cruzada em 3 grupos: 1, 2 e 3, indicados também na figura, construa a fronteira de decisão que o ID3 (estendido para lidar com atributos numéricos) daria para cada uma das árvores geradas e também a taxa de precisão total obtida. Não precisa de fazer contas.



b) Compare essa taxa de precisão com o K-NN para os 3 vizinhos mais próximos.

## (VI) Processos de Decisão de Markov (2.25+0.75)



a) Considere o seguinte labirinto em que o Pacman deseja comer a pastilha em B e também as cerejas na células D e F. Se o Pacman comer uma cereja recebe 5 pontos e ela desaparece, e se comer a pastilha recebe 1 ponto e também desaparece. O jogo acaba quando o Pacman come a pastilha. O Pacman pode mover-se para norte, sul, leste e oeste, sempre de uma forma determinística, excepto se for impedido pelas paredes exteriores. Cada movimento tem um custo de 1 unidade (recompensa de estar vivo), como no Pacman verdadeiro.

Modelize o problema como um processo de decisão de Markov

- d) Indique, justificando, se a seguinte questão é verdadeira ou falsa: Se a única diferença entre dois PDMs for a taxa de desconto então têm de ter a mesma policy óptima