



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra

**Relatório do Trabalho Prático nº 1 de
Introdução à Inteligência Artificial**

Fábio Oliveira (2022145902)
Rafael Filipe Rodrigues Pereira (2022150534)

Licenciatura em Engenharia Informática
Departamento de Engenharia Informática e Sistemas
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, 21 de outubro, 2024

Índice

1	Introdução	1
2	Ambiente	2
3	Agentes	3
3.1	Percepções	3
3.2	Ações	3
3.3	Energia e capacidade de carga	4
4	Implementação	5
4.1	Interface	5
4.2	Modelo Base	5
4.2.1	Movimentação e Interações	5
4.2.2	Gestão de Energia e Capacidade de Carga	6
4.3	Modelo Melhorado	6
4.3.1	<i>kamikaze</i>	6
4.3.2	limpeza-em-area	6
4.3.3	usar-carregador-mais-proximo	6
4.3.4	usar-zona-despejo	6
4.3.5	campo-potencial	6
4.3.6	mostrar_energia	7
4.3.7	mostrar_lixo	7
4.4	Análise e Discussão	7
4.5	Hipóteses	7
4.5.1	Modelo Base	7
4.5.2	Modelo Melhorado	7
4.6	Análise de resultados	7
4.6.1	Hipótese 1	7
4.6.2	Hipótese 2	8
4.6.3	Hipótese 3	9
4.6.4	Hipótese 4	9
4.6.5	Hipótese 5	10
4.6.6	Hipótese 6	10
5	Conclusão	11

Índice de Figuras

1	Percepção do agente	3
2	Estados de energia do agente	4
3	Interface da simulação	5
4	Resultados da simulação para a hipótese 1	8
5	Resultados das simulações para a hipótese 2	8
6	Resultados das simulações para a hipótese 3	9

Índice de Tabelas

1	Resultados das simulações para a hipótese 1	7
2	Resultados das simulações para a hipótese 2	8
3	Resultados das simulações para a hipótese 3	9
4	Resultados das simulações para a hipótese 4	9
5	Resultados das simulações para a hipótese 5	10
6	Resultados das simulações para a hipótese 6	10

1 Introdução

Este trabalho consiste no desenvolvimento, implementação e análise de comportamentos racionais para agentes reativos. Foi desenvolvido em *NetLogo*, com o objetivo de simular a limpeza de um ambiente que contém obstáculos, por um conjunto de agentes do tipo aspirador.

O objetivo principal da simulação é garantir a limpeza completa do ambiente, no menor tempo possível e da forma mais eficiente possível. Para isso, será inicialmente implementado um modelo base, que servirá como ponto de partida. De seguida, será proposto um modelo melhorado, no qual serão introduzidas otimizações e melhorias para analisar os efeitos no desempenho dos agentes.

2 Ambiente

O ambiente da simulação é uma grelha bidimensional fechada, para impedir que os agentes se movam diretamente de uma borda para outra. O espaço é composto por diferentes tipos de *patches*, cada uma com uma função específica:

- ***Patches* pretas:** Representam áreas limpas e transitáveis.
- ***Patches* vermelhas (lixo):** Representam o lixo que os agentes devem recolher. A percentagem destas *patches* pode ser configurada entre 0% e 60%.
- ***Patches* azuis (carregadores):** Indicam a presença de carregadores que os agentes usam quando necessário. A quantidade destes é configurável entre 0 e 5.
- ***Patches* brancas (obstáculos):** Representam obstáculos fixos que os agentes não podem atravessar. Pode ser configurado entre 0 e 100.
- ***Patches* verdes (zona de despejo):** É o local onde os agentes despejam o lixo recolhido. Ocupa 4 *patches* adjacentes.

A disposição dos elementos no ambiente é gerada de forma aleatória e o utilizador pode configurar as suas variáveis (quantidade de lixo, número de carregadores, número de obstáculos). Esta variabilidade proporciona diferentes cenários de simulação, permitindo testar o desempenho dos agentes em diversas situações.

As *patches* de lixo mudam para preto assim que o lixo é recolhido.

3 Agentes

A simulação conta com um número configurável de agentes, cada um com características como capacidade de carga, energia, tempo de recarga e tempo de despejo. Os agentes são reativos, ou seja, as suas ações são determinadas pelas percepções imediatas do ambiente.

3.1 Percepções

Cada agente pode perceber apenas as *patches* adjacentes a ele, conforme ilustrado na Figura 1, limitando os movimentos às *patches* que consegue "ver".

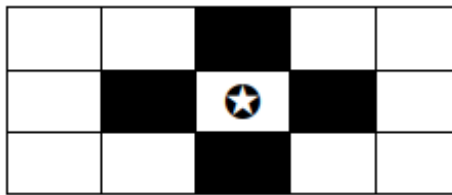


Figura 1: Percepção do agente

3.2 Ações

As ações dos agentes são baseadas nas suas percepções:

- **Movimentação:** Os agentes podem deslocar-se para uma das *patches* vizinhas que percebem. Perdem uma unidade de energia por movimento.
- **Recolha de Lixo:** Quando um agente passa por uma *patch* vermelha e tem capacidade disponível, recolhe o lixo, a não ser que precise de recarregar. Nesse caso ignora o lixo até encontrar o carregador e recarregar.
- **Despejo de Lixo:** Quando a capacidade de carga está cheia, o agente procura a zona de despejo (*patch* verde), ignorando todo o lixo pelo caminho, e descarrega o lixo. O processo de despejo demora um determinado número de *ticks*.
- **Recarregar Energia:** Quando a energia do agente está num nível previamente definido, ele ignora o lixo e procura o carregador (*patch* azul). Recarregar demora também um determinado número de *ticks*. Quando termina, retoma à recolha, caso tenha espaço disponível.

Os agentes trocam informações sobre as localizações dos carregadores e da zona de despejo quando se encontram nas suas vizinhanças (Figura 1).

3.3 Energia e capacidade de carga

Cada agente começa com um nível de energia previamente definido. A energia é reduzida a cada movimento, e se o nível de energia chegar a zero, o agente “morre” e a *patch* onde estava é pintada de branco. A capacidade de carga também é configurável e os agentes só podem recolher lixo até ao seu limite máximo.

Durante a simulação, a cor dos agentes varia conforme o nível de energia (Figura 2), fornecendo um *feedback* visual sobre a sua condição atual.

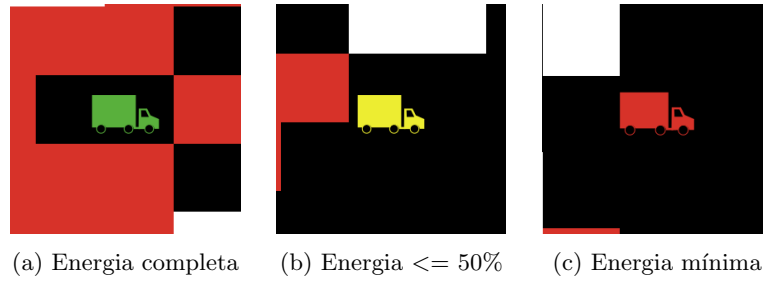


Figura 2: Estados de energia do agente

4 Implementação

4.1 Interface

A interface (Figura 3) é composta pelos diversos parâmetros que alteram a simulação. Contém *switches* para ativar e desativar as funções do modelo melhorado. Quando estão todas desativadas, o modelo em uso é o base.

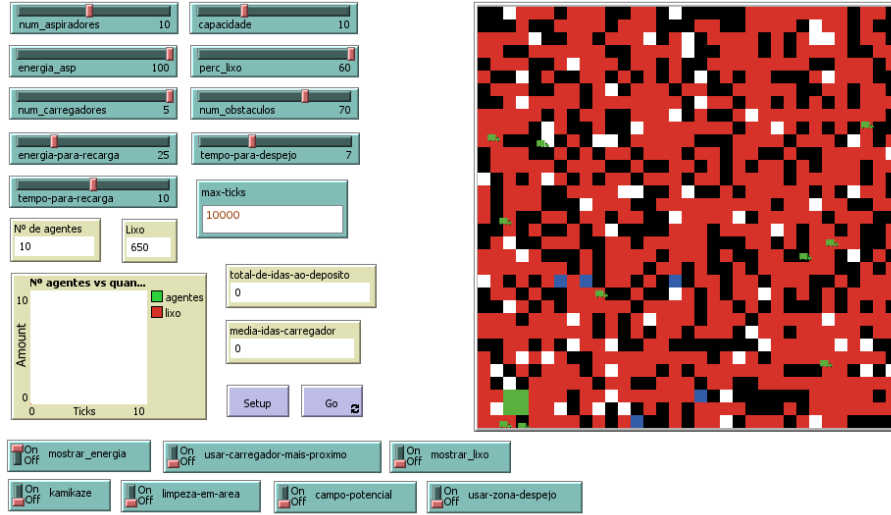


Figura 3: Interface da simulação

4.2 Modelo Base

Algumas funções que deveriam estar aqui explicadas, já o foram na secção 3. Esta secção será focada nas diferenças fundamentais do modelo base.

O modelo base foi desenvolvido para implementar o comportamento básico dos agentes, conforme as especificações do enunciado. Este modelo define as principais funções dos agentes (Secção 3).

4.2.1 Movimentação e Interações

A movimentação dos agentes no modelo base é aleatória, salvo quando o agente já conhece a localização de um carregador ou da zona de despejo. As *patches* brancas são tratadas como obstáculos que os agentes não podem atravessar.

A interação entre agentes ocorre quando dois agentes estão próximos. Estes trocam informações sobre a localização dos carregadores e da zona de despejo, o que torna o uso destas infraestruturas mais eficiente (Secção 3).

4.2.2 Gestão de Energia e Capacidade de Carga

O agente memoriza as localizações dos carregadores (um, o primeiro que encontra) e da zona de despejo para utilizar posteriormente. Não foi dada a opção de memorizar mais do que uma localização, pois o enunciado deu a entender que o modelo base deve memorizar apenas uma, no caso do carregador, o primeiro que encontrar. Após uma análise cuidadosa, concluiu-se que permitir a memorização de múltiplas localizações implicaria um aumento da capacidade de memória do agente. Este tipo de funcionalidade foi considerado como uma melhoria adicional, mais apropriada para o modelo melhorado, uma vez que vai além das características previstas para o modelo base.

4.3 Modelo Melhorado

4.3.1 *kamikaze*

Este modo faz com que os agentes entrem em desespero e "corram" para o lixo de modo a completar a sua tarefa antes de acabar o tempo, independentemente da energia que têm. Logo, tendo muita ou pouca energia, os agentes correm o risco de "morrer" e não se preocupam sequer em recarregar.

4.3.2 *limpeza-em-area*

Este modo torna os agentes mais potentes. Quando estão a aspirar, aspiram a todo o seu redor (as oito *patches* à sua volta) em vez de apenas uma *patch* escolhida aleatoriamente.

4.3.3 *usar-carregador-mais-proximo*

Com esta implementação os agentes sabem sempre qual a estação de carregamento mais próxima para uso.

4.3.4 *usar-zona-despejo*

Esta implementação é igual à anterior. Refere-se à zona de despejo em vez dos carregadores.

4.3.5 *campo-potencial*

Esta função serve para tornar os agentes mais eficientes em relação ao seu movimento. Cada *patch* recebe um valor de potencial, com as áreas de lixo tendo o menor valor (0), tornando-as alvos prioritários. Os valores mais altos (1000) são atribuídos às outras *patches*. Este método cria um gradiente no ambiente, onde os aspiradores se movem para onde sentem mais atração, as *patches* com menor potencial, aproximando-se de maneira eficiente do lixo.

Esta técnica reduz movimentos aleatórios. Assim reduz o consumo de energia e tempo ao guiar os aspiradores para áreas de interesse de forma mais rápida e inteligente.

4.3.6 mostrar_energia

Esta função serve apenas para visualizar a energia dos agentes durante a simulação.

4.3.7 mostrar_lixo

Esta função tem os mesmos fins da anterior, sendo que serve para mostrar o lixo que os agentes carregam atualmente.

4.4 Análise e Discussão

Para avaliar o desempenho dos agentes em cada modelo, foram formuladas as seguintes hipóteses e realizados testes para testar a validade destas.

4.5 Hipóteses

4.5.1 Modelo Base

- **Hipótese 1:** O aumento do número de agentes aumenta a superfície limpa.
- **Hipótese 2:** A quantidade de obstáculos no ambiente reduz a superfície limpa.
- **Hipótese 3:** O aumento do número de carregadores aumenta a taxa de sobrevivência dos agentes.

4.5.2 Modelo Melhorado

- **Hipótese 4:** Saber as localizações dos carregadores e do depósito aumenta o número final de agentes e aumenta a eficiência da limpeza.
- **Hipótese 5:** O uso de campo potencial otimiza o movimento dos agentes, reduzindo o tempo total de limpeza e aumentando a superfície limpa.
- **Hipótese 6:** Um número reduzido de agentes mais potentes tem um desempenho semelhante a um número maior de agentes com menos capacidade de carga e menor área de limpeza.

4.6 Análise de resultados

Todos os parâmetros sob os quais foram realizados os testes estão presentes no ficheiro Excel.

4.6.1 Hipótese 1

Nº de agentes	Lixo apanhado (%)
5	22.07%
10	38.40%
15	66.25%

Tabela 1: Resultados das simulações para a hipótese 1

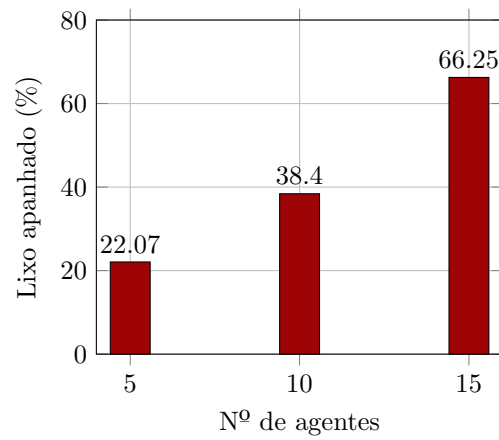


Figura 4: Resultados da simulação para a hipótese 1

Os resultados confirmam a hipótese. O número de agentes é maior, logo mais lixo será apanhado.

4.6.2 Hipótese 2

Nº de obstáculos	Lixo apanhado (%)
25	45.25%
50	42.56%
100	32.87%

Tabela 2: Resultados das simulações para a hipótese 2

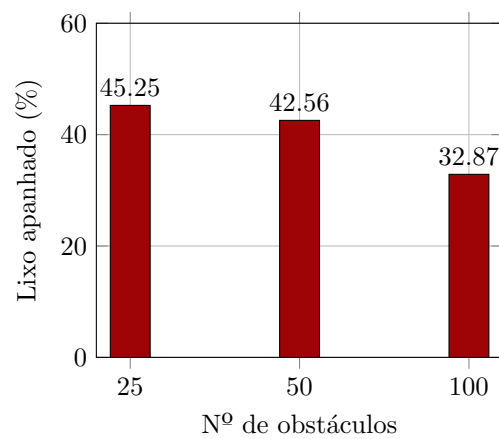


Figura 5: Resultados das simulações para a hipótese 2

Os resultados confirmam a hipótese, apesar da diferença ser "pouca". Os agentes mostram mais dificuldade em limpar o ambiente com um aumento no número de obstáculos.

4.6.3 Hipótese 3

Nº de carregadores	Taxa de sobrevivência (%)
1	9%
3	13%
5	17%

Tabela 3: Resultados das simulações para a hipótese 3

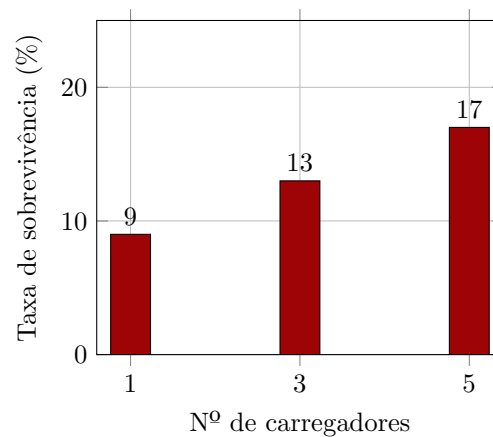


Figura 6: Resultados das simulações para a hipótese 3

Os resultados confirmam a hipótese 3. Um aumento no número de carregadores aumenta a sobrevivência dos agentes.

4.6.4 Hipótese 4

Funções usadas nesta experiência:

- *usar-carregador-mais-proximo* 4.3.3
- *usar-zona-despejo* 4.3.4

Opções	Taxa de agentes vivos (%)	Lixo apanhado (%)
Desligadas	25%	50.74%
Ligadas	94%	90%

Tabela 4: Resultados das simulações para a hipótese 4

Os resultados confirmam a hipótese. Com o conhecimento das localizações, o número final de agentes é superior e a média de lixo apanhado mostra mais eficiência no trabalho dos agentes.

4.6.5 Hipótese 5

Funções usadas nesta experiência:

- *usar-carregador-mais-proximo* 4.3.3
- *usar-zona-despejo* 4.3.4
- *campo-potencial* 4.3.5

Campo Potencial?	Média de ticks final	Lixo apanhado (%)
Não	10000	83.24%
Sim	591.6	100%

Tabela 5: Resultados das simulações para a hipótese 5

Os resultados confirmam a hipótese. O método do campo potencial otimiza o movimento dos agentes como já explicado na secção 4.3.5. É muito notável a eficiência e sucesso na limpeza do ambiente.

4.6.6 Hipótese 6

Funções usadas nesta experiência:

- *usar-carregador-mais-proximo* 4.3.3
- *limpeza-em-area* 4.3.2
- *usar-zona-despejo* 4.3.4
- *campo-potencial* 4.3.5

O agente poderoso utiliza uma capacidade superior e o modo de limpeza em área (4.3.2).

Nº de agentes	Capacidade	Média ticks final	Média de lixo apanhado
10	15 (comum)	378.9	100%
5	30 (poderoso)	368.9	99.94%
20	15 (comum)	186.1	100%
10	30 (poderoso)	198.2	100%

Tabela 6: Resultados das simulações para a hipótese 6

Os resultados confirmam a hipótese. Apesar do número de agentes ser menor, as melhorias no agente mais poderoso mostram uma eficácia semelhante, ou quase superior, face ao agente comum.

5 Conclusão

A implementação dos modelos base e melhorado permitiu observar diferenças significativas no desempenho dos agentes. No modelo base, os agentes apresentam um comportamento simples, com movimentação aleatória e memória limitada, o que resultou num tempo total de limpeza mais elevado e uma menor eficiência na limpeza e gestão de energia.

Com o modelo melhorado, a introdução do campo potencial (4.3.5) e o conhecimento prévio da localização dos carregadores e da zona de despejo, reduziram significativamente o tempo de limpeza e a taxa de falha dos agentes.