**LEI 2023124946**

**LEI 2022108182**

Departamento de Engenharia Informática e de Sistemas

**Trabalho Prático nº 1**

**Agentes Racionais**

Trabalho de Projeto

para a

U

nidade

C

urricular de

Introdução à

Inteligência Artificial

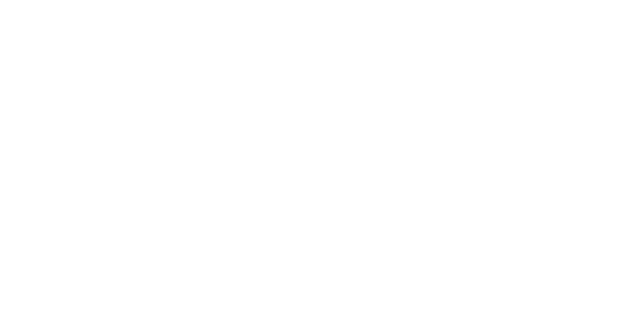
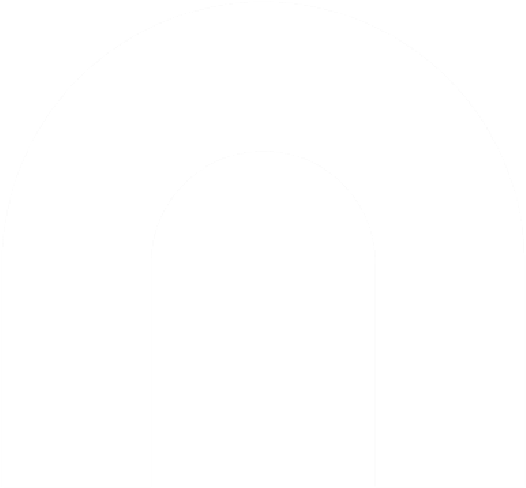
**Luís Filipe Vieira**

**Tomás Alexandre de Campos Martins**

Coimbra,

outubro

2025



INSTITUTO

POLITÉCNICO

DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR

DE ENGENHARIA

DE COIMBRA



**1 INTRODUÇÃO**

Foi-nos pedido que, através da utilização da ferramenta de simulação NetLogo, criássemos um ambiente no qual bombeiros fossem programados para interagir com o espaço e salvassem vítimas de um edifício em chamas. O ambiente é bidimensional e inclui diferentes elementos, como zonas seguras, tanques de oxigénio, obstáculos e áreas com fumo, que influenciam a movimentação e as decisões dos agentes.

A simulação visa criar um cenário controlado em que os bombeiros, guiados por regras de perceção e interação, procuram atingir o objetivo principal de salvar o maior número possível de vítimas, gerindo simultaneamente a sua energia e capacidade de transporte.

O foco do trabalho centra-se na implementação de comportamentos racionais para os agentes, abrangendo desde a movimentação, deteção de vítimas e obstáculos, recolha e transporte de vítimas até à gestão da energia, recarga em tanques de oxigénio e entrega segura das vítimas.

Neste relatório será analisada a implementação dos agentes e o seu comportamento, assim como os resultados obtidos com a simulação, incluindo métricas que permitem avaliar a eficiência das estratégias de resgate aplicadas.

# DESENVOLVIMENTO

A interface de controlo criada permite ajustar diferentes parâmetros da simulação, garantindo flexibilidade na execução dos testes. Todos estes valores influenciam diretamente o comportamento dos agentes e o resultado global da operação de resgate.

Uma imagem com captura de ecrã, texto, software, Ícone de computador

Os conteúdos gerados por IA podem estar incorretos.

Figura 1- Interface

## Modelo Base

O utilizador pode definir o número de bombeiros e de vítimas, a energia inicial dos agentes, a capacidade máxima de transporte, bem como a quantidade de obstáculos, tanques de oxigénio (e respetiva capacidade de recarga) e zonas de fumo.

## Agente Bombeiros

O agente bombeiro foi programado para reagir às condições do ambiente e agir de acordo com as perceções recolhidas. Cada bombeiro movimenta-se de forma autónoma, procura vítimas, gere a sua energia e transporta as vítimas até à zona segura, seguindo regras simples de comportamento sugerido pelo enunciado do trabalho prático.

### Perceção

O bombeiro deteta os elementos existentes nas células adjacentes, como vítimas, tanques de oxigénio, obstáculos, fumo e zonas seguras.

Em condições normais, o bombeiro tem uma perceção de duas células em todas as direções (Figura 2). Porém, quando existe fumo numa célula adjacente a perceção nessa direção é limitada a uma célula, reduzindo a visibilidade. No exemplo representado na Figura 3, as células vermelhas-escuras correspondem ao fumo.

De forma geral, o agente move-se de forma aleatória quando não identifica vítimas, evitando ficar preso, e dá prioridade à recolha ou transporte sempre que encontra uma vítima. Se a energia estiver baixa, o bombeiro interrompe o resgate e dirige-se para recarregar na zona segura.

Uma imagem com quadrado, Retângulo, padrão

Os conteúdos gerados por IA podem estar incorretos.

Figura 2 - Perceção do Bombeiro(condições normais)

Uma imagem com quadrado, Retângulo

Os conteúdos gerados por IA podem estar incorretos.

Figura 3 - Perceção do Bombeiro(condição limitada)

### Ação

Os bombeiros atuam sobre o ambiente através de ações como deslocar-se, recolher e transportar vítimas ou recarregar energia quando necessário.

Quando uma vítima é encontrada e existe capacidade de transporte disponível, esta é recolhida e entregue na zona segura. Caso o bombeiro esgote a sua energia antes de concluir a operação, o mesmo morre.

Durante a simulação, o bombeiro consome energia ao mover-se e recupera-a ao passar por tanques de oxigénio ou ao permanecer na zona segura. Quando o agente entra em contacto com o tanque de oxigénio, este é consumido, essa mesma célula fica como uma célula transitável.

### Características

Os bombeiros são agentes reativos com memória limitada a dois espaços, sendo a primeira utilizada para guardar a localização de uma vítima e a segunda a localização de um tanque de oxigénio detetados. Esta memória permite otimizar a deslocação e reduzir movimentos redundantes, é feita através de uma comunicação entre os bombeiros.

A energia e a capacidade de transporte influenciam diretamente as suas decisões de movimento e resgate.

Quando um bombeiro atinge a capacidade máxima de transporte ou energia crítica (energia < 20), o seu comportamento muda de prioridade, passando a focar-se na segurança e na entrega das vítimas.

## Agente Vítimas

As vítimas são agentes passivos que permanecem imóveis durante toda a simulação, à espera do resgate por parte dos bombeiros. Cada vítima possui um nível de energia individual que é calculado através de uma soma ou subtração de um valor random sobre a energia que é estabelecida pelo utilizador na interface para todos os agentes.

### Perceção

As vítimas não possuem perceção neste modelo.

### Ação

As vítimas não possuem ações, porém perdem energia ao longo do tempo enquanto permanecem estáticas. Quando a energia chega a zero, a vítima é considerada morta, caso já se encontre na zona segura, a mesma já não perde energia.

Quando são resgatadas por um bombeiro passam a estar associadas a este agente, e são marcadas como salvas quando chegam à zona segura

### Características

As vítimas são agentes passivos, sem objetivos próprios. A sua sobrevivência depende totalmente da eficácia dos bombeiros.

## Modelo melhorado

Devido a uma má gestão de tempo não foi possivel implementar o modelo melhorado, dado que surgiram vários erros durante o processo.

# EXPERIÊNCIAS

## Modelo Base

Foram extraídas várias experiências através do BehaviorSpace, que foram reduzidas a apenas duas tabelas para comparação variável do Smart Vacuum, as restantes foram maximizadas com o alerta do nível de energia a 50.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | Média de 3 Experiências |
| **Cenário** | **Aspiradores** | **Carregadores** | **Obstáculos** | Iterações | Aspiradores  Vivos Lixo Restante |
| 1 | 10 | 1 | 20 | 1406 | 0 119,3333333 |
| 2 | 50 | 3 | 50 | 3444,666667 | 22,66666667 1,333333333 |
| 3 | 100 | 5 | 100 | 41 | 100 0 |

Table 1 Experiência Smart-Vacuum OFF

Os dados apresentados revelam uma clara relação entre o número de aspiradores, carregadores e obstáculos no ambiente simulado e a eficiência da limpeza.

### Cenário 1

No primeiro cenário, com apenas 10 aspiradores e um carregador, observamos que, embora o número de iterações seja alto, nenhum aspirador sobrevive até o fim da simulação, e uma quantidade significativa de lixo, cerca de uma média de 119 unidades, permanece no ambiente. Isso sugere que a quantidade limitada de aspiradores e de carregadores foi insuficiente para lidar com a tarefa de limpeza de maneira eficaz, o que resultou na eliminação dos aspiradores antes de completarem o objetivo.

### Cenário 2

No cenário seguinte, com um número maior de aspiradores, 50, e três carregadores, a situação melhora significativamente. Embora uma parte dos aspiradores ainda não sobreviva até o fim, cerca de 22 aspiradores continuam ativos até finalizar a simulação, o que se reflete na drástica redução da quantidade de lixo que sobra no ambiente, que cai para apenas 1,33 unidades (este número tão baixo pode significar apenas os pequenos patches que ficam em situações extremas, como por exemplo, ficarem rodeados de obstáculos). Com este cenário pode-se concluir que, ao aumentar o número de agentes e de pontos de recarga, a eficiência de limpeza cresce, e o ambiente aproxima-se de de uma estado de limpeza total.

### Cenário 3

No terceiro cenário com um ambiente 32x32, que consta com o valor exagerado de 100 aspiradores e cinco carregadores, todos os agentes permanecem vivos, e o lixo é totalmente eliminado. Além disso, o número de iterações necessárias para completar a simulação é muito menor, apenas 41, o que sugere que a combinação de um grande número de aspiradores com carregadores adequados não apenas garante a conclusão da tarefa, mas também acelera o processo.

### Conclusão

Concluí-mos que estes resultados indicam que o aumento no número de aspiradores, associado a uma quantidade suficiente de carregadores, é fundamental para a sobrevivência dos agentes e para garantir a limpeza total do ambiente no menor tempo possível.

Quanto mais equilibrado for o número de aspiradores em relação à complexidade do ambiente e à presença de obstáculos, maior será a eficiência na execução da tarefa de limpeza.

## Smart Vacuum ON

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Média de 3 Experiências |
| Cenário | Aspiradores | Carregadores | Obstáculos | Iterações Aspiradores Vivos Lixo Restante |
| 1 | 10 | 1 | 20 | 3366,333 1,6667 140,667 |
| 2 | 50 | 3 | 50 | 3436 34,3333 2 |
| 3 | 100 | 5 | 100 | 329,666 96,6666 0 |

Table 2 Experiência Smart Vacuum ON

Com o modo inteligênte ativos os aspiradores podem comunicar entre si acerca das coordenadas do depósito quando se cruzam, o que é uma grande vantagem em questões de contabilização do lixo recolhido.

### Cenário 1

No primeiro cenário a inteligência não trouxe ganhos evidentes em termos de eficiência na limpeza, já que o número de aspiradores vivos e o lixo restante foram piores ou semelhantes ao modo sem inteligência. Este resultado pode ser atribuído à **falta de carregadores e à baixa quantidade de agentes para percecionar um carregador na vizinhança** que pode facilmente manter os agentes ativos por mais tempo.

### Cenário 2

Agora no segundo cenário o modo inteligente trouxe uma melhoria em termos de sobrevivência dos aspiradores, mas o impacto na eficiência de limpeza foi menos significativo, sendo que o lixo restante até acabou por aumentar ligeiramente. O uso de aspiradores inteligentes ajudou na longevidade dos agentes, mas não trouxe um ganho substancial no tempo decorrido ou na redução do lixo.

### Cenário 3

Neste último cenário, o número de iterações aumentou em comparação com o modo OFF, embora ambos os modos tenham conseguido limpar completamente o ambiente. O modo inteligente prolongou a operação dos aspiradores, mas sem uma melhoria significativa na eficiência da limpeza em termos de tempo ou resultados finais.

### Conclusão

Com este modo de atuação conclui-se que o facto dos agentes se tornarem inteligentes relativamente à comunicação e ao percurso que têm a fazer para depositar od lixo pode ser crucial para a sua eficiência quando falamos da etapa de contabilização do lixo recolhido.

# CONCLUSÃO

## Comparação Smart Vacuum ON/OFF

No primeiro cenário, com os 10 aspiradores o smart vacuum ON prolongou as iterações, mas não trouxe melhorias na eficiência de limpeza.

Por sua vez no segundo cenário a comunicação entre agentes melhorou a taxa de sobrevivência dos mesmo, mas o ganho em termos de lixo removido foi insignificante, o que sugere uma eficiência limitada da inteligência neste caso, pois esta apenas se reflete na sobrevivência e não no ambiente.

Por último, na comparação do terceiro cenário embora o ambiente tenha sido limpo por completo em ambos os casos, o número de iterações foi muito maior com o modo inteligente, sem um ganho real em termos de eficiência, o que pode ser apenas uma acaso que podia ser atenuado aumentando o número de experiências, mas que comprova que o Smart Vacuum ON tem sempre mais impacto quando o principal assunto é a sobrevivência do agente.

1

