



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

Licenciatura em Engenharia Informática

RELATÓRIO Do Trabalho Prático nº 1 -  
Agentes Racionais

## Simulação de Agentes Reativos Aspiradores

Autores

**Duarte Xavier de Oliveira Santos 2022149622**

**Gustavo Trigo Costa 2023145800**



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, outubro de 2024



## ÍNDICE

1.	
1.Introdução .....	1
2. Descrição do Ambiente .....	2
3. Descrição dos Agentes Aspiradores .....	3
4. Implementação do Modelo Base.....	3
4.1 Movimentação dos Agentes.....	3
5.Modelo Melhorado .....	5
7. Conclusão .....	8

## 1.INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo criar, implementar e analisar o comportamento de agentes reativos, que foram modelados como aspiradores em um ambiente virtual. A simulação foi feita em NetLogo, onde os aspiradores têm a tarefa de limpar um espaço cheio de lixo, com obstáculos e zonas de recarga.

## 2. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE

O ambiente da simulação é uma grelha bidimensional não toroidal, onde as células representam diferentes elementos:

- **Células Pretas**  
Representam espaço vazio, onde os aspiradores podem se mover livremente.
- **Células Vermelhas (Lixo)**  
Elementos de lixo que os aspiradores devem recolher (a percentagem destes elementos é definida pelo utilizador, podendo variar entre 0 e 60).
- **Células Azuis (Carregadores)**  
Posições onde os aspiradores podem recarregar suas energias (poderá haver entre 0 a 5 carregadores, dependendo da escolha do utilizador).
- **Células Brancas (Obstáculos)**  
Representam obstáculos que os aspiradores devem evitar (a percentagem deste elemento varia entre 0 e 100).
- **Células Verdes (Depósito de Lixo)**  
Locais onde os aspiradores descarregam o lixo recolhido.
- **Células Cinzentas (Tapetes)**  
Quando os agentes passam por estas células, movimentam-se mais devagar e perdem mais energia.

### **3. DESCRIÇÃO DOS AGENTES ASPIRADORES**

Os agentes aspiradores foram criados para imitar o funcionamento de aspiradores num ambiente virtual. Cada agente tem características e comportamentos que mudam de acordo com o que acontece à sua volta e com as suas condições internas (sendo estes assim reativos). Abaixo, descrevemos algumas dessas características:

- **Energia**

Cada agente tem um nível de energia (definido pelo utilizador) que diminui com cada movimento. Quando a energia fica baixa, procura um carregador para se reabastecer.

- **Capacidade de Carga**

Os aspiradores têm um limite (definido pelo utilizador) para a quantidade de lixo que podem carregar. Quando estão cheios, vão ao depósito para descarregar e continuarem depois a recolher mais lixo.

- **Recolha de Lixo**

Os aspiradores recolhem lixo ao passar sobre células vermelhas, desde que ainda tenham espaço disponível.

- **Interações com outros agentes**

Os agentes podem partilhar informações sobre a localização de carregadores de energia quando estão próximos.

### **4. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO BASE**

#### **4.1 Movimentação dos Agentes**

Neste tópico, abordamos a movimentação dos aspiradores, que é implementada na função `MoveAspiradores`. Esta função contém a lógica que determina como os aspiradores se movem pelo ambiente. Dentro do `MoveAspiradores`, chamamos várias outras funções específicas que lidam com os diferentes tipos de movimento

dos aspiradores. Essa abordagem permite-nos organizar melhor o código, mantendo a função principal mais limpa e compreensível.

Os movimentos dos aspiradores são divididos em três categorias:

- **Movimento-Procura-Carregador**

Este movimento é ativado quando a energia do aspirador baixa de uma certa percentagem (definida pelo utilizador). Nessa situação, o aspirador procura um carregador próximo para reabastecer a sua energia. No entanto, o aspirador só se dirige a um carregador se já tiver passado por ele anteriormente ou se tiver recebido informações de outro agente sobre as coordenadas do local. Se não tiver essas coordenadas, o aspirador não conseguirá localizar um carregador e, portanto, irá executar o movimento-livre.

- **Movimento-Procura-Depósito**

Quando o aspirador atinge a sua capacidade máxima de carga, ignora qualquer lixo que possa encontrar e dirige-se ao depósito mais próximo para descarregar. Tal como acontece com o carregador, o aspirador só irá para o depósito se tiver estado lá antes ou se receber coordenadas de outro agente. Caso contrário, não conseguirá encontrar o depósito e executará o movimento-livre.

- **Movimento-Livre**

Este movimento aleatório permite que o aspirador explore o ambiente à procura de lixo para recolher. Durante esse movimento, há uma probabilidade de 75% de que o aspirador se mova em frente e 25% das vezes ele irá virar para a direita ou para a esquerda.

```

to MoveAspiradores
ask aspiradores [
  if energiaAtual <= 0[
    ask patch-here [set pcolor white]
    die
  ]
  verifica-estragado
  verificar-celulas
  infoNeighbour

  ifelse carregando = true[tempoCarga]
  [
    ifelse despejando = true[tempoDespejo]
    [
      ifelse energiaAtual <= nIrCarregar [
        ;; Se a energiaAtual for suficiente e a capacidade não estiver cheia
        if not e-parede?[ procura-carregador ]
      ]
      [
        ifelse capAtual >= nCapacidade or not any? patches with [pcolor = red] [
          ;; Se a energiaAtual for baixa, procurar carregador
          if not e-parede?[ procura-deposito ]
        ]
        [
          ifelse energiaAtual >= nIrCarregar and capAtual < nCapacidade [
            ;; Se a capacidade estiver abaixo do limite, procurar depósito
            if not e-parede?[ procura-lixo]
          ]
          [
            ;; Se nenhuma das condições anteriores for verdade
            if not e-parede?[ movimento-livre ]
          ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]
end

```

## 5.MODELO MELHORADO

Além do modelo base, adicionámos algumas funcionalidades para melhorar o realismo e a complexidade da simulação:

- **Agentes Defeituosos**

Quando o utilizador na interface configura o interruptor "defeitos-aspirador?" para "true", há uma chance de 50% de que um agente seja criado com defeito. Quando isso acontece, o agente possui um número limitado de movimentos

(entre 50 e 200). Ao atingir o limite, o agente para, e a célula onde estava torna-se branca. Essa funcionalidade foi implementada na função verifica-estragado.

- **Reprodução dos agentes**

Os aspiradores podem reproduzir-se quando vão carregar. Há uma probabilidade de 50% de que, ao irem carregar, um agente se reproduza. Ao reproduzir-se, um novo agente é criado com metade da energia, e o agente “pai” fica também com metade da energia. A reprodução é feita pela função reproduzir. Esta funcionalidade é ativada quando o interruptor "reproducao?" está ativo.

- **Tapetes**

Os "tapetes" foram adicionados ao ambiente, representados por células cinzentas. Quando um agente passa sobre um tapete, sua velocidade de movimento é reduzida, perdendo assim mais energia. Esta funcionalidade pode ser ativada ou desativada através do interruptor "tapete?".

## **6. Experimentação e Análise de Resultados**

Nesta parte, fazemos diversos testes para ver como os agentes aspiradores se comportam e desempenham suas funções no ambiente simulado. Realizámos várias simulações, mudando diferentes parâmetros, para entender como os agentes conseguem limpar o ambiente, se conseguem "sobreviver" por muitas iterações e como variáveis, como a quantidade de lixo, energia inicial e capacidade de carga, afetam seu desempenho.

### **TABELA 1 - Análise da Sobrevivência dos Agentes do Modelo Base ao fim de 10 Iterações (sem melhorias)**

Esta tabela apresenta os resultados da simulação dos agentes com o modelo base, sem qualquer modificação ou melhoria. Mostra como os agentes aspiradores conseguem sobreviver após 10 iterações num ambiente com lixo e obstáculos.



TABELA 4 - Analisar a sobrevivência dos agentes do modelo base ao fim de 10 iterações - sem melhorias								REPETIÇÕES ( Número de agentes, iteração máxima)																						
								Exp1		Exp2		Exp3		Exp4		Exp5		Exp6		Exp7		Exp8		Exp9		Exp10				
Número de Agentes	% Lixo	Energia Inicial	Energia p/ Ir carregar	NºCarregadores	Capacidade do agente	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	vivos	Iter	
1	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	119	0	116	0	111	0	154	0	151	0	109	0	123	0	101	0	152	0	110	0	110	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	75	0	77	0	74	0	88	0	260	0	73	0	1577	0	97	0	70	0	97	0	97	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	59	0	55	0	53	0	62	0	59	0	169	0	57	0	61	0	54	0	63	0	63	0
5	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	1244	0	847	0	122	0	1241	0	2124	0	1053	0	3172	0	2306	0	2735	0	474	0	474	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	8872	0	1550	0	133	0	133	0	102	0	615	0	5388	0	797	0	8485	0	2087	0	2087	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	651	0	429	0	681	0	65	0	238	0	989	0	428	0	271	0	253	0	236	0	236	0
10	20	100	65	5	15	0,50	60,00%	1	6823	0	2290	2	4023	1	2761	0	321	0	6870	0	379	0	251	0	687	1	3208	0	3208	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	1635	0	445	0	1945	0	520	0	366	0	927	0	2233	0	459	0	639	0	2340	0	2340	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	444	0	97	0	319	0	1068	0	143	0	555	0	552	0	129	0	1057	0	452	0	452	0

## TABELA 2 - Análise da Sobrevivência dos Agentes ao Fim de 10 Iterações (com Reprodução)

Nesta tabela avalia-se como a reprodução afeta a sua capacidade de sobrevivência e a dinâmica geral da limpeza do ambiente.

TABELA 2 - Analisar a sobrevivência dos agentes do modelo base ao fim de 10 iterações - com reprodução										REPETIÇÕES (Número de agentes, iteração máxima)																																	
										Exp1		Exp2		Exp3		Exp4		Exp5		Exp6		Exp7		Exp8		Exp9		Exp10															
Número de Agentes	% Lixo	Energia Inicial	Energia p/ Ir carregar	NºCarregadores	Capacidade do agente	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes		vivos		Max agentes	
1	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	2079	9	0	118	1	0	491	4	0	1798	11	0	192	4	0	934	5	0	119	1	0	1617	12	0	1383	12	0	184	1	0	184	1	0	184	1
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	76	1	0	81	1	0	73	1	0	89	1	0	84	1	0	1066	8	0	84	1	0	1909	9	0	103	8	0	103	8	0	103	8	0	103	8
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	112	1	0	117	2	0	119	2	0	79	1	0	47	1	0	42	1	0	48	1	0	118	3	0	89	1	0	79	1	0	79	1	0	79	1
5	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	2712	15	0	1369	19	0	1389	19	0	1473	19	0	1563	11	0	1456	10	0	439	9	0	1604	10	0	1313	8	0	1754	10	0	1754	10	0	1754	10
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	1084	12	0	1323	8	0	411	8	0	1288	8	0	1202	10	0	1466	8	0	141	8	0	1294	9	0	4703	7	0	4703	7	0	4703	7	0	4703	7
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	487	6	0	869	7	0	277	7	0	108	8	0	75	8	0	100	7	0	103	6	0	88	5	0	1409	7	0	878	6	0	878	6	0	878	6
10	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	989	10	0	1312	11	0	496	11	0	414	11	0	178	11	0	105	12	0	2666	11	0	412	11	0	1312	11	0	4013	11	0	4013	11	0	4013	11
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	2079	19	0	864	11	0	183	11	0	610	11	0	493	10	0	610	11	0	193	10	0	446	10	0	481	11	0	14	10	0	14	10	0	14	10
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	110	10	0	449	11	0	189	10	0	109	11	0	499	10	0	194	11	0	117	10	0	109	10	0	117	10	0	117	10	0	117	10	0	117	10

## TABELA 3 - Análise da Sobrevivência dos Agentes ao Fim de 10 Iterações (com Defeito)

Nesta tabela são analisados os resultados de sobrevivência dos agentes após a introdução de defeitos em alguns aspiradores. Mostra o impacto de agentes com defeito.

TABELA 3 - Analisar a sobrevivência dos agentes ao fim de 10 iterações - com defeito								REPETIÇÕES (Número de agentes, iteração máxima)																						
								Exp1		Exp2		Exp3		Exp4		Exp5		Exp6		Exp7		Exp8		Exp9		Exp10				
Número de Agentes	% Lixo	Energia Inicial	Energia p/ir carregar	NºCarregadores	Capacidade do agente	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	
1	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	165	0	183	0	90	0	2778	0	1696	0	109	0	93	0	132	0	87	0	126	0	126	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	99	0	298	0	1602	0	79	0	68	0	76	0	125	0	688	0	3029	0	51	0	51	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	58	0	72	0	52	0	77	0	62	0	85	0	64	0	56	0	68	0	51	0	51	0
5	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	139	0	600	0	175	0	857	0	5122	0	110	0	6288	0	3125	0	2016	0	1236	0	1236	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	107	0	179	0	2068	0	2282	0	159	0	254	0	1451	0	696	0	133	0	86	0	86	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	180	0	207	0	124	0	360	0	88	0	99	0	338	0	138	0	1247	0	150	0	150	0
10	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	11990	0	381	0	1037	0	7028	0	146	0	364	0	211	0	138	0	690	0	536	0	536	0
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	362	0	1358	0	2507	0	377	0	121	0	136	0	204	0	831	0	172	0	106	0	106	0
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	1014	0	881	0	153	0	208	0	362	0	146	0	201	0	327	0	213	0	213	0	213	0

Esta tabela apresenta os resultados de uma simulação onde foram introduzidos "tapetes" no ambiente. Os tapetes reduzem a velocidade dos aspiradores, e a tabela mostra como isso influencia a sobrevivência dos agentes.

TABELA 4 - Analisar a sobrevivência dos agentes ao fim de 10 iterações - com tapete								REPETIÇÕES (Número de agentes, iteração máxima)																			
Número de Agentes	% Lixo	Energia Inicial	Energia p/ ir carregar	NºCarregadores	Capacidade do agente	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Exp1		Exp2		Exp3		Exp4		Exp5		Exp6		Exp7		Exp8		Exp9		Exp10	
								vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter	vivos	iter
1	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	556	0	27432	0	6214	0	457	0	1536	0	226	0	130	0	5093	0	582	0	103
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	101	0	357	0	78	0	109	0	74	0	746	0	610	0	73	0	4609	0	89
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	57	0	52	0	80	0	180	0	188	0	58	0	51	0	60	0	72	0	59
5	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	1292	0	1266	0	4270	0	3970	0	7722	0	892	0	327	0	4437	0	17174	0	4614
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	355	0	1011	0	993	0	91	0	440	0	979	0	1668	0	363	0	507	0	682
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	278	0	413	0	163	0	131	0	59	0	399	0	613	0	660	0	282	0	483
10	20	100	65	5	15	0,10	90,00%	0	1376	0	2241	0	788	0	814	0	2610	0	1140	0	539	0	1213	1	3952	0	10282
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	1028	0	2946	0	543	0	1141	0	1783	0	1105	0	1168	0	611	0	1508	0	817
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	329	0	87	0	451	0	508	0	546	0	276	0	82	0	995	0	457	0	76

**TABELA 5 - Análise da Sobrevivência dos Agentes ao Fim de 10 Iterações (com reprodução, tapete e defeitos)**

Aqui, os resultados mostram uma simulação mais complexa, combinando reprodução, tapetes e defeitos. A tabela oferece uma visão geral de como essas variáveis influenciam juntas a sobrevivência dos agentes.

TABELA 5 - Analisar a sobrevivência dos agentes ao fim de 10 iterações - com reprodução, tapete e defeitos								REPETIÇÕES (Número de agentes, iteração máxima)																										
Agentes	N Lixo	20	40	60	80	100	120	Energia inicial	Energia p/ ir carregar	NºCarregadores	Capacidade do agente	Média do número de agentes vivos no final	% Repetições com extinção	Exp1		Exp2		Exp3		Exp4		Exp5		Exp6		Exp7		Exp8		Exp9		Exp10		
														vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes	vivos	iter	Max agentes
1	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	304	4	0	147	1	0	1374	12	0	81	1	0	79	1	0	118	2	0	82	2	0	1031	6	0	1039	6
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	831	3	0	81	1	0	1774	12	0	81	1	0	79	1	0	118	2	0	82	2	0	1031	6	0	1039	6
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	513	4	0	78	1	0	163	12	0	81	1	0	79	1	0	118	2	0	82	2	0	1031	6	0	1039	6
5	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	105	1	0	445	1	0	2011	15	0	104	2	0	104	2	0	104	2	0	104	2	0	104	2	0	104	2
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	113	7	0	1289	7	0	214	9	0	176	9	0	1410	9	0	1479	9	0	1480	9	0	1479	9	0	1479	9
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	75	5	0	249	5	0	343	5	0	283	5	0	485	5	0	185	5	0	185	5	0	185	5	0	185	5
10	20	100	65	5	15	0,00	100,00%	0	473	10	0	174	10	0	1108	10	0	487	10	0	189	10	0	473	10	0	488	10	0	488	10	0	488	10
	40	70	55	4	18	0,00	100,00%	0	108	11	0	1170	11	0	391	11	0	1110	11	0	101	11	0	109	11	0	109	11	0	109	11	0	109	11
	60	50	35	3	20	0,00	100,00%	0	498	11	0	153	11	0	110	11	0	118	11	0	172	11	0	488	11	0	1174	11	0	1201	11	0	1201	11

## 7. CONCLUSÃO

O estudo revela que, enquanto a introdução de melhorias individuais (como reprodução) pode auementar a resiliência dos agentes, **nenhuma solução isolada é suficiente** para resolver os problemas de extinção em ambientes adversos.

A combinação de desafios, como por exemplo alguns dos aspiradores terem **defeitos, a adição dos tapetes e dos obstáculos**, não contribuiu para a manutenção dos agentes no ambiente, piorando a situação.

Teriam que ser ainda implementadas outras melhorias, de modo a que os aspiradores concluíssem o trabalho (apanhar todo o lixo do ambiente) mais regularmente.

Com a realização deste trabalho, aprendemos que o NetLogo é uma boa ferramenta para simular ambientes e comportamentos de diversos agentes.

O estudo demonstrou como é muito importante ter um modelo sólido, que consiga lidar com diversas situações simultaneamente, e que mesmo um pequeno ajuste pode ter um grande impacto no desempenho final.



**Instituto Superior  
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra