

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

FUNDAMENTOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

LEI - DEI - 2021/2022

Relatório do trabalho prático 1



[PL 4]

Joel Oliveira - 2019227468 - joeloliveira@student.dei.uc.pt

Tomás Mendes - 2019232272 - tbmendes@student.dei.uc.pt

22 de março de 2022

1 Meta 1

Tendo por base o exemplo *prefab* fornecido, foi criada a função de ativação do sensor de proximidade de carros, com uso da função $E = \frac{1}{d+1}$, de forma a manter o valor da energia no intervalo $] 0, 1]$.

Na cena *DetectCars* configurou-se um carro apenas com sensores que detetam carros. Foi ligado o sensor da esquerda à roda da esquerda, o sensor da direita à roda da direita, e inverteu-se o output. Este carro demonstrou um comportamento de apaixonado por carros. No início aproximou-se do carro à sua frente relativamente depressa e, à medida que a distância entre ambos reduziu, também a sua velocidade diminuiu.

Por fim, quando o carro já estava bastante próximo do outro carro(azul), manteve uma velocidade próxima de 0. Este comportamento é visível nas seguintes imagens.



Fig. 1

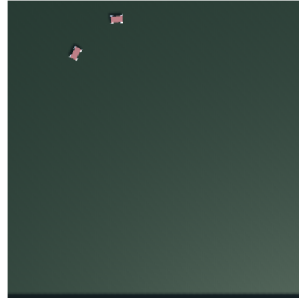


Fig. 2

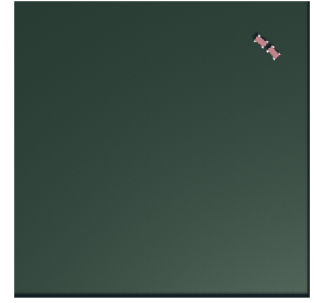


Fig. 3

De modo a testar outros comportamentos dos carros, foi criada uma outra cena, *SenseIt*. Foram criados dois carros, um com sensores que reagem à luz(azul) e outro com sensores que reagem a carros(vermelho), como demonstrado na Figura 4.

Foi implementado, em ambos os carros, o comportamento agressivo respectivo, i.e, um agressivo para a luz e outro para carros. Nesta cena, o carro azul começou imediatamente a dirigir-se em direção à luz. O veículo vermelho começou a dirigir-se em direção ao azul a partir do momento em que este entrou no seu campo de visão definido a 180° . À medida que se aproximaram do seu objetivo, ambas as velocidades aumentaram, como era de esperar.

A luz não tem um corpo rígido, pelo que o veículo azul a atravessa e para porque deixa de estar dentro do seu campo de visão. Ao contrário da luz, os veículos têm um corpo rígido, assim, quando veículo vermelho chega perto do azul, começa a empurra-lo. Este cenário permite visualizar o comportamento agressivo dos carros. Os vários comportamentos dos carros são descritos nas conclusões [3]

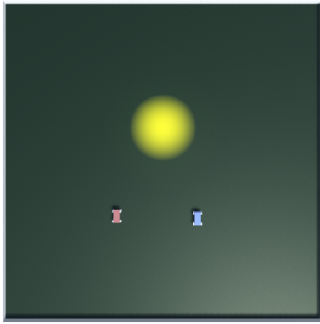


Fig. 4

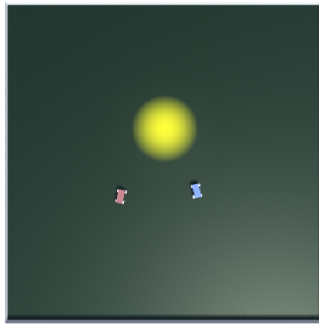


Fig. 5

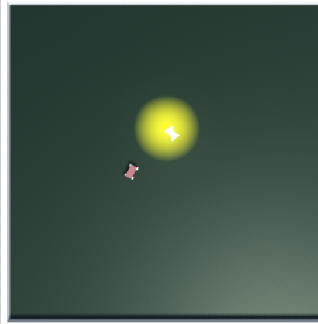


Fig. 6

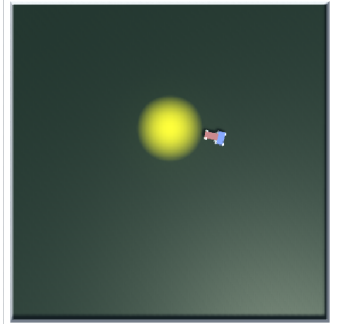


Fig. 7

2 Meta 2

A meta 2 tinha alguns objetivos:

- Completar o código necessário para a implementar as funções de activação linear e gaussiana com suporte de limites e limiares.
- Usar as funções feitas anteriormente para que o carro consiga fazer uma elipse e o símbolo do infinito entre duas luzes.
- Explorar outros comportamentos dos veículos.

2.1 Código Complementar

Para implementar a função gaussiana foi utilizada a fórmula $E = a \cdot \exp - \frac{x - \text{mean}}{2 \cdot \text{stdDev}^2}$. Esta fórmula atinge valor mínimo 0^+ e um valor máximo a , pelo que para o *output* desta função pertencer ao mesmo intervalo do da função linear, $]0,1]$, o valor de a foi definido como 1. O valor da média, bem como o do desvio padrão podem ser alterados diretamente no editor, através da seleção do sensor \rightarrow variáveis do *script*.

Para a aplicação dos *thresholds* e dos limiares, foram criadas variáveis booleanas, editáveis como foi referido anteriormente. Para ativar a aplicação destas restrições basta selecionar a respetiva caixa. No código, estas variáveis são verificadas e caso estejam ativadas, as restrições são aplicadas com o uso das variáveis *MinX*, *MaxX* e *MinY*, *MaxY*.

2.2 Círculo

De modo a ter uma melhor perceção de como a função de activação gaussiana afeta o comportamento dos veículos, foram realizados testes no cenário *Circle*. Nestes testes apenas foram alterados os valores da média e desvio padrão.

Com os testes realizados, foi possível verificar que este tipo de função de activação é muito mais flexível do que a função de activação linear. A função de activação gaussiana tem uma grande capacidade de regular os valores de *output* de modo a obter o comportamento pretendido.

Estes testes permitiram observar que para o carro realizar uma trajetória circular, as rodas precisam de ter valores de velocidade diferentes mas constantes, i.e, não variam no tempo. As secções [2.2.1] e [2.2.2] demonstram os testes efetuados.

2.2.1 Teste 1

mean	stDev	angle
0.5	1	180 ^o

Tab. 1: Configuração da roda da esquerda

mean	stDev	angle
0	1	180 ^o

Tab. 2: Configuração da roda da direita

Foi possível verificar que o carro inicia com menos energia na roda da direita, pelo que tem uma tendência de se afastar da trajetória pretendida. Após este afastamento, a luz sai do seu ângulo de visão, fazendo com que a roda da direita obtenha mais energia. Assim, o veículo começa a curvar para a esquerda, até a luz entrar no seu campo de visão novamente. Isto cria uma tendência de aproximação à luz. Este processo de aproximação/afastamento repete-se até que o carro começa a descrever uma trajetória circular em torno da luz. As seguintes imagens ilustram o comportamento descrito.

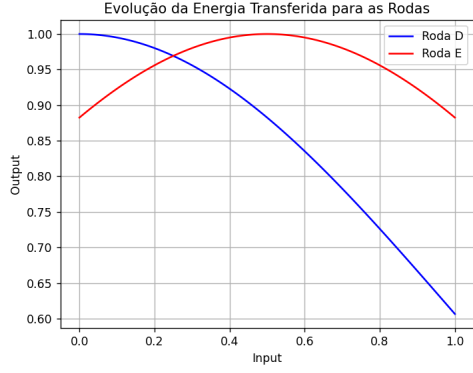


Fig. 8

2.2.2 Teste 2

mean	stDev	angle
1	1	180º

Tab. 3: Configuração da roda da esquerda

mean	stDev	angle
0	1	180º

Tab. 4: Configuração da roda da direita

Neste cenário, e como é visível no gráfico, há menos sobreposição nos *outputs* gerados para as rodas. Neste caso, e ao contrário do teste 1 [2.2.1], é a roda direita que tem maior energia quando arranca, pelo que há, desde início, uma aproximação da luz. Depois desta aproximação, o carro entra numa trajetória circular como descrito anteriormente. Neste caso, o tempo até o carro iniciar a trajetória circular foi muito menor, quando comparado com o do teste anterior, bem como o raio do círculo. Isto permitiu tirar a conclusão de que quanto maior for a diferença de energias das rodas, menor será o tamanho da curva descrita pelo carro.

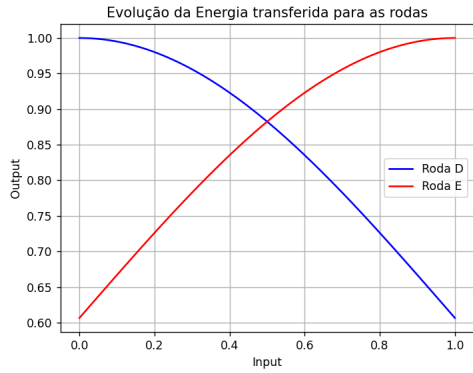


Fig. 11

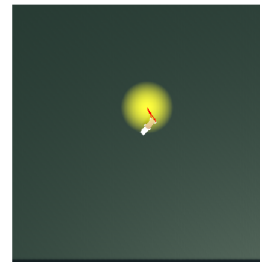


Fig. 12

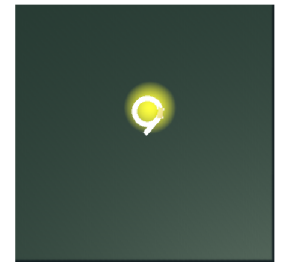


Fig. 13

2.3 Elipse

A trajetória em elipse demonstrou ser a mais complicada de manter. Foi o cenário em que foram realizados mais testes, sendo que o melhor resultado obtido foi de 5 voltas até que o carro se comece a desviar da trajetória. Para realizar os testes neste cenário, foram usadas as conclusões tiradas dos testes anteriores. O veículo necessita de ter maior velocidade na roda externa, de forma a descrever uma

trajetória circular. No caso da elipse, a diferença de velocidades tem que depender do ponto em que o carro se encontra, pois a curva realizada perto da luz é mais acentuada do que a curva que o veículo faz ao deslocar-se de uma luz até à outra.

Nos testes que foram feitos, foi ligado o sensor da direita à roda da esquerda, e o sensor da esquerda à roda da direita, com funções de ativação gaussianas. Estas ligações foram feitas de modo a verificar que o sensor da direita obtém mais energia que o da esquerda quando está perto da luz, e que o oposto acontece quando estão num ponto médio.

2.3.1 Teste 1

mean	stDev	angle
0.7	1	360º

Tab. 5: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
-0.7	1	360º

Tab. 6: Configuração do sensor direito

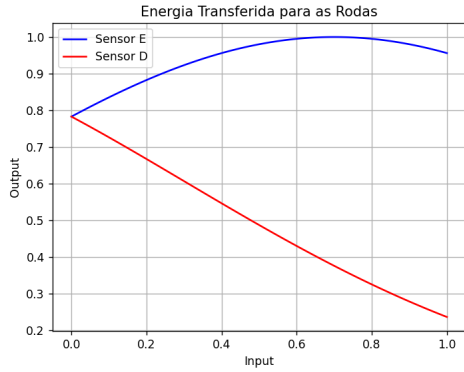


Fig. 14

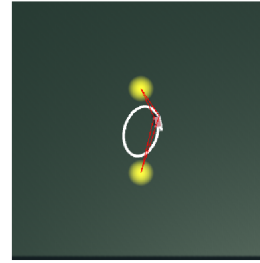


Fig. 15

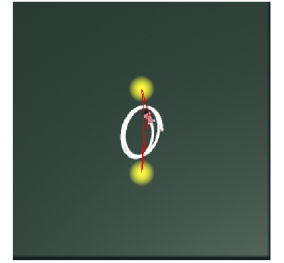


Fig. 16

Neste teste, o carro descreveu uma trajetória num formato de elipse, como pretendido, mas desviou-se rapidamente dessa trajetória. Foram identificadas duas possíveis causas para isto ter ocorrido:

- O carro não curva o suficiente no arranque, o que causa um desvio na primeira curva.
- O carro não curva o suficiente na transição entre as luzes.

2.3.2 Teste 2

Para verificar se o erro poderia ser o 1º caso referido no teste anterior, foram alteradas as configurações para que a diferença na posição inicial seja maior.

mean	stDev	angle
0.55	1	360º

Tab. 7: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
-0.65	1	360º

Tab. 8: Configuração do sensor direito

O comportamento do carro melhorou, tendo completado uma volta completa, desviado-se no decorrer da 2ª. A curva, ao chegar à luz, é demasiado acentuada neste cenário, criando uma elipse na diagonal originando o desvio.

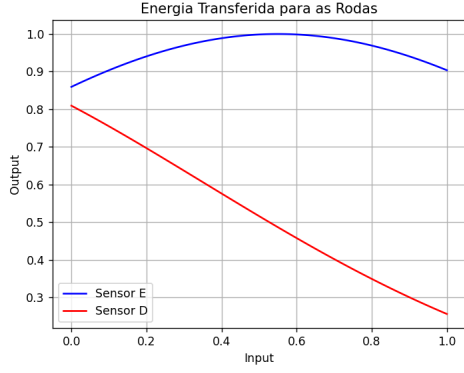


Fig. 17

2.3.3 Teste 3

Uma tentativa de corrigir a curva acentuada, foi reduzida ligeiramente a diferença entre as energias, nos valores recebidos pelos sensores quando o veículo se aproxima da luz.

mean	stDev	angle
0.5	0.5	360 ^o

Tab. 9: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
-0.8	1	360 ^o

Tab. 10: Configuração do sensor direito

Os resultados não foram os esperados, e piorou, novamente a curva efetuada entre as luzes.

2.3.4 Teste 4

Não tendo sucesso nos testes anteriores, foi mudada a abordagem. Foram utilizadas funções com maior variação dos níveis de energia, e, conseqüentemente, do tamanho da curva, pela desaceleração da roda interior, e não tanto pelo controlo da velocidade da roda da direita.

mean	stDev	angle
0.5	2	360 ^o

Tab. 11: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
-1	1.5	360 ^o

Tab. 12: Configuração do sensor direito

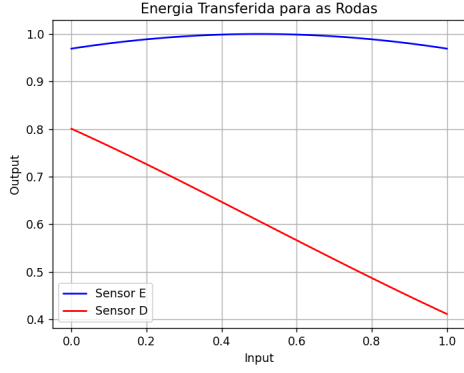


Fig. 20

Os resultados obtidos provaram ser melhores, fazendo o carro dar 3 voltas até iniciar o desvio da trajetória. Foram testadas outras 2 abordagens parecidas com esta, que não tiveram o resultado pretendido.

2.3.5 Teste 5

Finalmente, foi testado usar funções que não causassem uma variação brusca entre as velocidades das rodas, de modo a criar uma curva ligeira no percurso entre as luzes, e uma curva ligeiramente mais acentuada perto da localização da fonte de luz.

mean	stDev	angle
-0.5	2	360º

Tab. 13: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
-1.1	1.5	360º

Tab. 14: Configuração do sensor direito

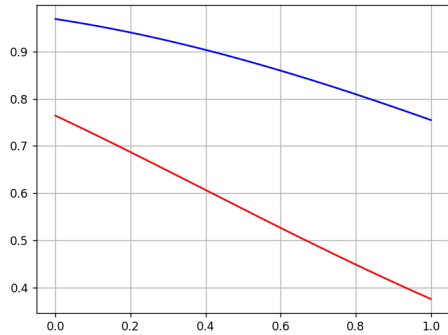


Fig. 23

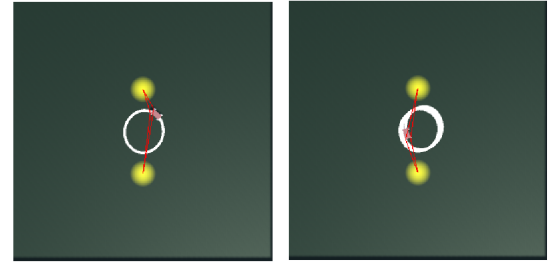


Fig. 24

Fig. 25

O resultado obtido foi bastante próximo do teste 4[2.3.4] e a partir da 3ª volta, começa a desviar-se progressivamente da trajetória.

Não conseguimos obter uma elipse perfeita após os testes efetuados.

2.4 Infinito

Um infinito não é mais do que dois semicírculos que unem os vertices opostos por linhas retas. As experiências realizadas tentaram reproduzir este comportamento.

2.4.1 Teste 1

Inicialmente, foram usados valores que permitissem o carro efetuar a primeira curva e terminá-la de modo a dirigir-se à segunda circunferência do infinito.

Neste teste, o sensor da esquerda esteve ligado à roda da esquerda e o sensor da direita à roda da direita. Os desvios padrões de ambos os sensores foi mantido igual, pois as rodas deveriam manter comportamentos iguais. Variar o desvio padrão entre as rodas, implicaria que as suas reações às fontes de luz fossem diferentes, em função da energia recebida.

mean	stDev	angle
0.5	0.5	360°

Tab. 15: Configuração do sensor esquerdo

mean	stDev	angle
0.3	0.5	360°

Tab. 16: Configuração do sensor direito

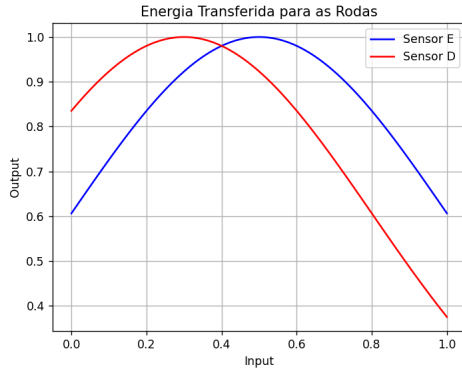


Fig. 26

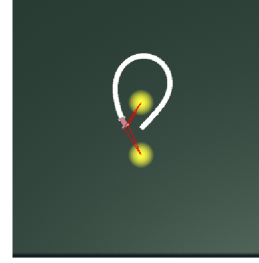


Fig. 27



Fig. 28

Foi possível perceber que um dos pontos fracos deste veículo é apenas permitir efetuar a curva num sentido. Para realizar o infinito é necessário que de um lado o carro vire para a sua esquerda e do outro faça a curva para a sua direita.

Para além disto, foi possível verificar que as curvas deveriam ser exatamente iguais, i.e, o comportamento das rodas em torno de uma luz deve ser o oposto do comportamento das rodas em torno da outra. Isto só seria alcançável através do uso de limiares, e de *thresholds* iguais, em ambas as rodas (pois seriam opostos em torno de uma luz, ou de outra).

2.4.2 Teste 2

Seguindo as conclusões do teste anterior, o carro foi colocado a arrancar em linha reta de modo a perceber em que ponto os valores de input dos sensores obtinham uma diferença significativa. Posteriormente foram ativados os *thresholds* e os limiares em ambas as rodas, e com valores iguais, de forma a obter uma curva pouco acentuada. A linha descrita entre as duas luzes é garantida por campo de visão de 360°, e a mesma função de ativação. A distância dos sensores à luz mais próxima é a mesma (pelo que a distância à luz mais distante também), garantindo que a energia recebida é igual.

Neste cenário conseguimos manter o veículo na trajetória pretendida

mean	stDev	angle	minX	maxX	minY	maxY
0.3	1	360º	0.1	0.3	0.5	0.7

Tab. 17: Configuração de ambos os sensores

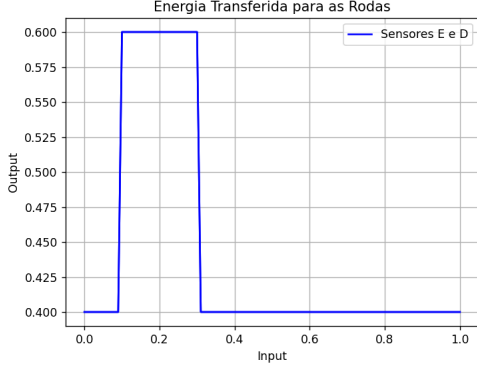


Fig. 29

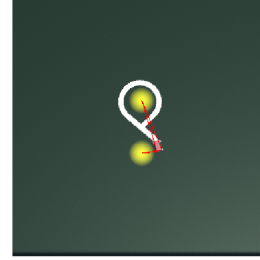


Fig. 30

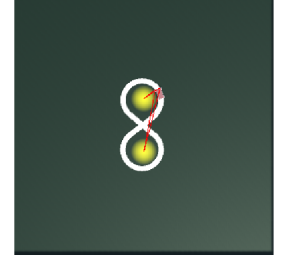


Fig. 31

3 Conclusões

Estes carros demonstram uma grande incapacidade de se adaptar ao ambiente em que estão. Muitas das vezes caíam fora do mundo ou paravam, quando deixavam de ter uma fonte de luz no seu campo de visão. Através dos vários cenários usados, foi possível implementar e confirmar os comportamentos dos veículos 2, 3 e 4 de *Braitenberg*. Foram explorados os comportamentos de agressão/medo e apaixonado/explorador usando limites e limiares com as diferentes funções de ativação. No âmbito deste trabalho, as fonte de energia dos veículos podem ser carros ou luzes.

Na meta 1 [1] foi implementada uma cena para demonstrar o comportamento agressivo dos veículos. O valor de velocidade que chegava às rodas, neste caso, aumentava dependendo do quão perto estivesse de outro veículo. Assim, um dos veículos acaba por atacar e empurrar o outro porque a sua velocidade não diminui. Por oposto, um veículo medroso dirige-se para a fonte de energia mas acaba por se desviar dela. Ainda na meta 1, foi implementada uma cena em que um veículo seguia outro.

Foi criada uma cena, *Bowling*. Para esta, o código foi alterado, adicionaram-se novos sensores, para detetar pinos de *bowling*, e, no código, uma nova variável boolean "DetectPins". O pretendido seria conceber um veículo com um comportamento "normal" (no caso, medronho a luzes), mas que ao ver um pino se tornaria agressivo para este.

Isto foi possível de concretizar e pode-se ver na cena indicada. Esta experiência indica-nos que os comportamentos dos carros podem tornar-se ainda mais complexos adicionando condicionantes do género com configurações avançadas.