Sistemas Autónomos

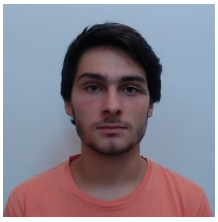
Trabalho prático 1

Grupo 1

11 de abril de 2021

Ana Gil
A85266

Beatriz Rocha
A84003



Hugo Matias
A85370

João Abreu
A84802

Conteúdo

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1 Introdução

Sistemas autónomos são definidos como sistemas capazes de completar uma tarefa, atingir um determinado objetivo ou interagir com o ambiente que os rodeia com o menor envolvimento humano possível. Para isso, é essencial que estes sistemas sejam capazes de prever, planear e absorver o mundo à sua volta.

Com o intuito de nos familiarizar com este subdomínio da inteligência artificial e recorrendo, para isso, ao jogo Robocode, este trabalho prático passou por três etapas:

1. Conceção de um odómetro capaz de medir a distância percorrida e implementação de técnicas de planeamento de trajetórias para circum-navegar por fora a área demarcada pelos três obstáculos no sentido dos ponteiros do relógio na menor distância possível, de modo a partir da posição (18,18) e regressar à mesma;

2. Formação de equipas de robôs capazes de apresentar diversos comportamentos de grupo ou sociais, permitindo a discussão das questões abordadas no contexto da unidade curricular de Agentes Inteligentes, como a cooperação entre agentes para a resolução de problemas;

3. Conceção, formação e avaliação do desempenho de equipas de cinco robôs (iguais ou distintos), cujo objetivo é o de ganhar batalhas e, consequentemente, competições.

Deste modo, nos próximos capítulos, iremos explicar detalhadamente as estratégias desenvolvidas e implementadas por nós para conseguir responder adequadamente a cada uma das tarefas propostas.

2 Primeira etapa

2.1 Odómetro

Na primeira etapa deste projeto, foi-nos pedido que desenvolvêssemos e implementássemos um odómetro capaz de medir a distância percorrida por um robô em cada ronda de uma batalha. Deste modo, a nossa implementação passou por calcular a distância euclidiana (2.1) entre a posição anterior e a posição atual do robô em cada instante (*turn*) e acumular esse valor numa variável que armazena a distância total percorrida.

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{2.1}$$

Para termos acesso à posição atual do robô em cada *turn*, tivemos de recorrer ao método `onStatus(StatusEvent event)` que, por sua vez, é chamado em cada instante, de modo a devolver o estado atual do robô (tal como as suas coordenadas, a temperatura da sua arma, *etc.*).

```
1    public void onStatus(StatusEvent event) {
2        this.myOdometer.calculateDistanceTravelled();
3    }
```

Para além disso, é importante referir que, para o odómetro saber quando deve começar a medir a distância percorrida e quando deve parar, criámos os métodos `start_race()` e `stop_race()` que indicam que a corrida começou e acabou, respetivamente.

De modo a testar a eficácia do nosso odómetro, decidimos observar os resultados obtidos pelo mesmo e pelo odómetro que nos foi fornecido pela equipa docente em 10 rondas (Tabela 2.1) e calcular a média entre os mesmos. Feito isto, obtivemos uma eficácia de cerca de 99.9%, como já era de esperar, visto que os valores são muito semelhantes.

Ronda	**MyOdometer**	**Odometer**
1	1776.38	1772.35
2	1801.67	1799.5
3	1831.36	1830.07
4	1811.21	1807.81
5	1747.53	1744.4
6	1875.52	1871.9
7	1838.29	1834.99
8	1901.84	1900.77
9	1824.03	1821.45
10	1735.97	1734.71

Tabela 2.1: Distância medida por cada um dos odómetros em cada ronda

2.2 Circum-navegação

2.2.1 Deslocação para a posição inicial

Visto que, no início de cada ronda, o robô está localizado numa posição aleatória, é necessário começar por deslocá-lo para o canto inferior esquerdo (coordenada (18,18)), de modo a cumprir os requisitos desta fase. Assim sendo, a tática a aplicar apresenta-se de seguida:

1. Cálculo da distância entre a posição atual do robô e a posição para a qual ele se deseja deslocar (posição (18,18), neste caso);
2. Cálculo do ângulo complementar (Figura 2.1);
3. Rotação de x graus para a esquerda, de modo a ficar a apontar para a posição desejada, sendo que x é a soma do ângulo complementar calculado anteriormente com a direção do robô;
4. Deslocação da distância calculada no primeiro passo, chegando, assim, à posição desejada.

Adicionalmente, é importante referir que, se pelo caminho o robô encontrar algum obstáculo, este recua ligeiramente, gira 45º à direita e avança novamente, de maneira a tentar contornar o mesmo.

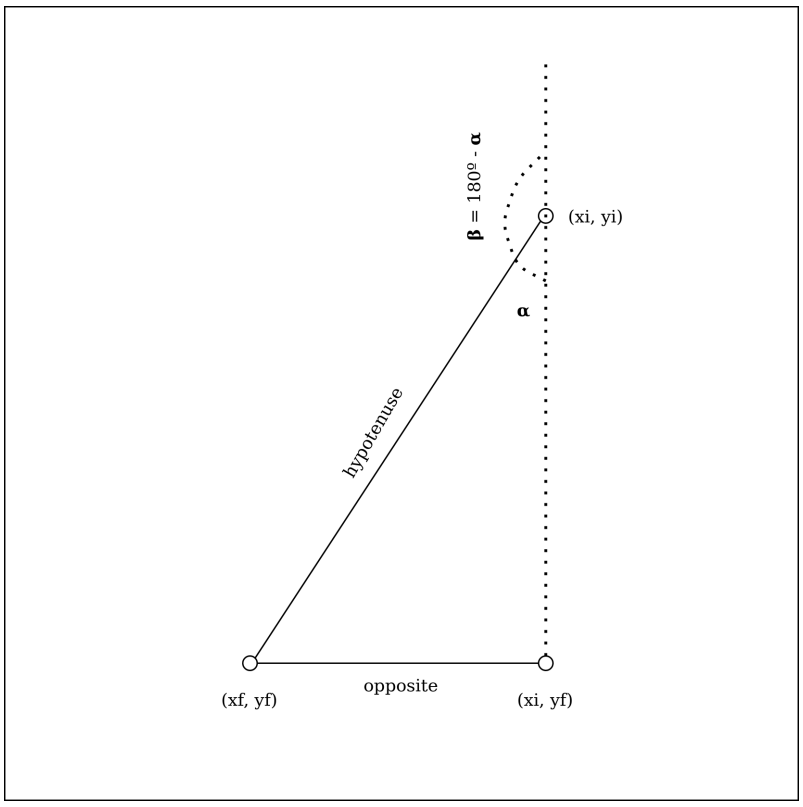


Figura 2.1: Cálculo do ângulo complementar

2.2.2 Estratégia de navegação

Feita a deslocação do robô para a posição (18,18), há que fazê-lo contornar os três obstáculos sem colidir neles. No nosso caso, optámos por descrever uma trajetória circular à volta dos obstáculos e, portanto, primeiro, torna-se importante calcular qual será o raio dessas circunferências.

O raio mínimo que as circunferências podem tomar de modo a que o robô não colida com os obstáculos corresponde à soma de $d1$ com $d2$ (mais um coeficiente de segurança), tal como podemos ver na Figura 2.2. Visto que a dimensão de um robô é 36x36 píxeis, $d1$ será igual a $18\sqrt{2}$ píxeis e $d2$ será igual a 18 píxeis, o que resultará em, aproximadamente 43.46 píxeis. Acrescentando o tal coeficiente de segurança, obtemos um raio igual a 50 píxeis.

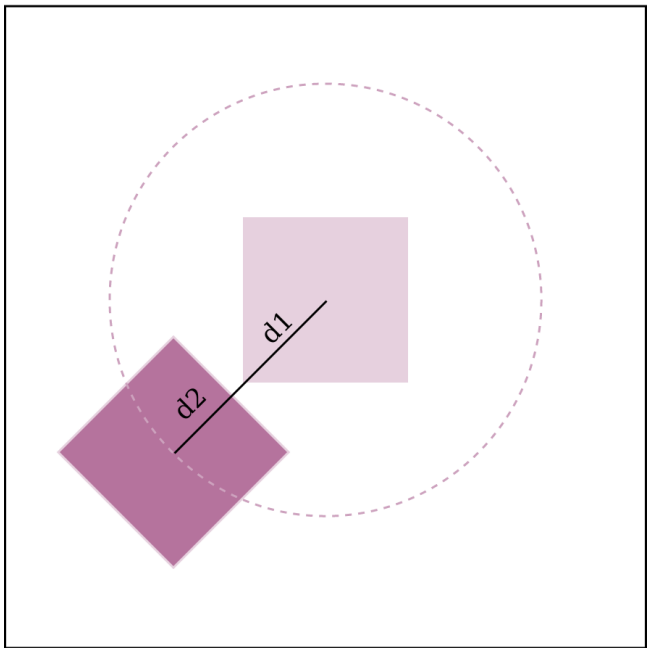


Figura 2.2: Cálculo do raio da circunferência

Posto isto, resta-nos enumerar os passos da estratégia implementada:

1. Esperar durante um curto período de tempo, de modo a evitar que o robô comece a navegar antes de os obstáculos estarem posicionados nos seus respetivos lugares;
2. Girar o robô em direção a norte;
3. Enquanto o número de obstáculos detetados for inferior a 3:
   (a) Rodar o radar do robô para a direita, de forma a detetar o obstáculo;
   (b) Rodar o robô de forma a ficar alinhado com o obstáculo detetado;
   (c) Deslocar o robô até 50 píxeis (raio da circunferência) antes da posição do obstáculo;

(d) Contornar o obstáculo;

4. Regressar à posição inicial.

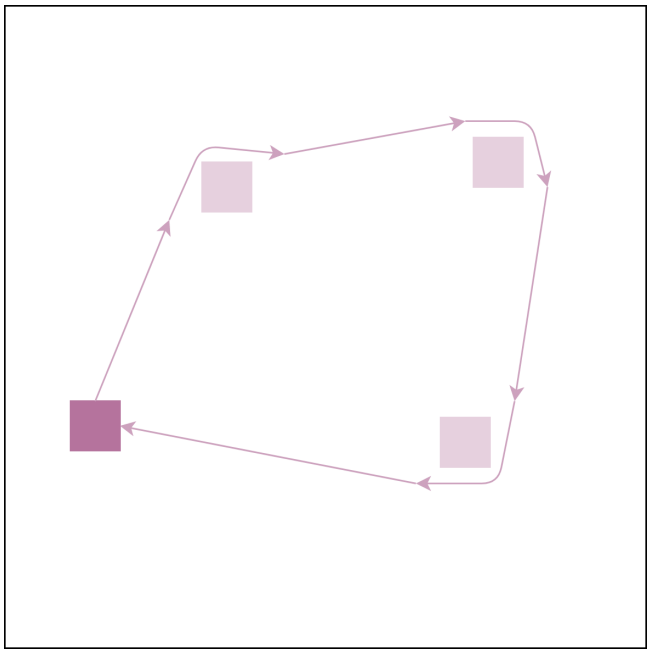


Figura 2.3: Estratégia de navegação

De modo a testar a eficácia da nossa estratégia, decidimos observar a distância percorrida e o perímetro formado pelos três obstáculos em 10 rondas (Tabela 2.2) e calcular a média entre esses valores. Feito isto, obtivemos uma eficácia de cerca de 87%, o que demonstra que o nosso robô está a executar uma trajetória bastante próxima da área demarcada pelos três obstáculos.

Ronda	**Perímetro**	**Distância percorrida**
1	1499.46	1736.37
2	1666.19	1912.45
3	1511.2	1746.23
4	1622.77	1868.22
5	1519.86	1757.49
6	1619.85	1866.46
7	1580.4	1821.24
8	1532.32	1770.78
9	1579.47	1818.91
10	1559.12	1800.89

Tabela 2.2: Distância percorrida e perímetro formado pelos três obstáculos em cada ronda

3 Segunda etapa

Nesta fase, foi-nos pedido que criássemos equipas de robôs capazes de apresentar diversos comportamentos de grupo ou sociais, portanto (e já a pensar na fase seguinte) optámos por criar uma equipa formada por quatro robôs `Sheep` do tipo `Droid` (robôs que não possuem radar, mas, em contrapartida, possuem 20 unidades de energia extra) e um robô `Shepherd` que lidera esses quatro robôs (este, por sua vez, possui 100 unidades de energia extra).

3.1 `Shepherd`

Inicialmente, este robô começa por dirigir-se para o canto inferior esquerdo do campo de batalha (coordenada (18,18)), de modo a estar mais protegido de possíveis ataques de inimigos. Mais uma vez, caso colida com um obstáculo pelo caminho, este irá recuar ligeiramente, rodar 45º à esquerda e avançar novamente. Contudo, caso já tenha tentado cinco vezes sem sucesso, tenta virar à direita em vez de virar à esquerda.

De seguida, irá coordenar os restantes membros da sua equipa, segundo quatro ordens distintas (enviadas sob o formato de mensagem), tal como se pode observar na Figura 3.1.

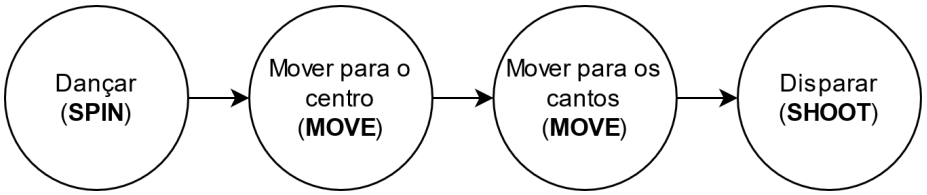


Figura 3.1: Ordens fornecidas pelo robô `Shepherd` aos robôs `Sheep`

3.2 `Sheep`

Como o próprio nome indica, os robôs `Sheep` limitam-se a cumprir as ordens fornecidas pelo robô `Shepherd`. Assim sendo, para cada tipo de ordem recebida, irá ser executado um comportamento diferente, nomeadamente:

1. **Dançar (mensagem do tipo `SPIN`)** - Girar duas vezes sobre si mesmos (720º), de modo a garantir que as mensagens estão a ser recebidas;
2. **Mover para o centro (mensagem do tipo `MOVE`)** - Mover para o centro do campo de batalha (neste caso, para as coordenadas (400,300));
3. **Mover para os cantos (mensagem do tipo `MOVE`)** - Mover para cada um dos quatro cantos do campo de batalha, de modo a evitar *friendly fire* (fogo amigo) na hora de disparar sobre os inimigos, sendo que o robô que

for para o canto onde já se encontra o `Shepherd`, ficará umas unidades à frente deste, de modo a protegê-lo;

4. **Disparar (mensagem do tipo `SHOOT`)** - No caso de o `Shepherd` detetar um robô inimigo com recurso ao seu radar (que, entretanto, se ligou e passou a rodar 360º sobre 360º), disparar contra o mesmo.

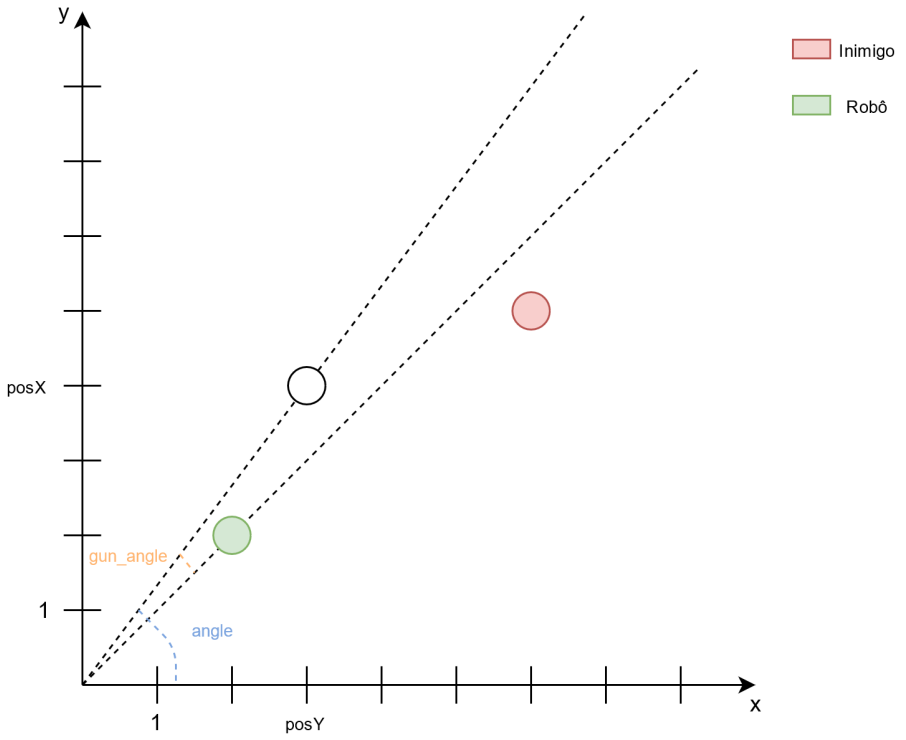


Figura 3.2: Cálculo do ângulo que a arma tem de rodar (`gun_angle`) para atingir o inimigo

Novamente, se o robô colidir com algum obstáculo durante a sua deslocação para uma determinada posição (e enquanto se encontrar a mais de 50 unidades da mesma), vai recuar ligeiramente, rodar 45º à direita e avançar novamente.

4 Terceira etapa

Nesta fase, foi-nos pedido que criássemos equipas de cinco robôs (iguais ou distintos) capazes de ganhar batalhas e, consequentemente, competições. Assim, optámos por criar uma equipa formada por três robôs `Gladiator` do tipo `Droid`, um robô `Boss` que lidera esses três robôs e um robô `Saviour` que dá suporte ao `Boss`, na medida em que o protege e assume o seu lugar quando ele morre.

4.1 `Boss`

Este robô é a peça essencial da nossa equipa. Tal como já foi referido anteriormente, a sua principal função é comandar os robôs do tipo `Droid`. No entanto, antes de chegar a esta fase, tem de passar por uma etapa de preparação, que explicamos de seguida:

1. Informa os seus colegas de equipa acerca da sua posição atual;
2. Pede ao robô `Saviour` para se movimentar ao seu lado;
3. Começa a girar o radar, de modo a procurar por inimigos.

Depois de efetuar estes 3 passos, o robô `Boss` começará a desempenhar o seu papel. No entanto, este tomará dois tipos de comportamento diferentes, dependendo do estado do jogo:

Padrão

- Permanece no mesmo sítio;
- Não ataca;
- Gira o radar continuamente;
- Calcula o melhor alvo (rival que está mais próximo dos robôs `Gladiator`) e manda os últimos atacá-lo;
- Quando o alvo morre, pede as posições atuais dos robôs `Gladiator` para calcular um novo;
- Quando leva um tiro, desvia-se um pouco e chama pelo robô `Saviour`.

Ataque (todos os robôs `Gladiator` morreram)

- Permanece no mesmo sítio;
- Ataca o rival mais próximo dele;
- Quando leva um tiro, desvia-se perpendicularmente ao sentido da bala e chama pelo robô `Saviour`.

O seu comportamento padrão está presente na coluna da esquerda, sendo que, quando toma o mesmo, fica parado, com o seu radar a girar continuamente, não atacando ninguém, para poupar ao máximo a sua energia. Quando encontra

todos os inimigos, guarda as suas posições e calcula o melhor alvo para os robôs `Gladiator` atacarem. Optámos por escolher o robô que esteja mais próximo dos mesmos, para eliminarmos os inimigos o mais cedo possível. Depois, ordena os mesmos robôs atacarem esse alvo e, quando este é eliminado, recalculamos um novo. Ao permanecer no mesmo sítio, o robô `Boss` torna-se bastante vulnerável e, por esse motivo, implementámos o último ponto, ou seja, quando é atingido, desvia-se ligeiramente no sentido perpendicular da bala, para evitar levar com o próximo tiro. É nesta situação que ele também volta a chamar o robô `Saviour` para junto dele.

O outro tipo de comportamento que o robô `Boss` pode assumir encontra-se na coluna da direita. Este passará a agir desta maneira, quando todos os robôs `Gladiator` morrerem, pois não fará mais sentido ficar à procura de inimigos para esses robôs atacarem. Sendo assim, neste estado, ele próprio passará a ter o papel de atacar. Apesar disso, permanecerá no mesmo sítio, continuando a desviar-se, caso seja atingido.

4.2 `Saviour`

Este robô depende diretamente do robô apresentado na secção 4.1 e tem como principais objetivos protegê-lo e assumir a liderança, caso este seja destruído:

- **Proteger o robô `Boss`**

  Este é o tipo de comportamento que o robô `Saviour` começa por adotar, quando a batalha começa. Para isso, este começa por se posicionar junto ao robô `Boss`, permanecendo ao seu lado durante o resto da batalha até que um deles seja destruído. Assim sendo, sempre que o robô `Boss` se movimenta, o robô `Saviour` vai segui-lo. Para que esta ação aconteça, o robô `Saviour` recebe uma mensagem do robô `Boss` contendo as suas novas coordenadas. Uma vez que o robô `Boss` não ataca os inimigos (pelo menos, numa fase inicial), o robô `Saviour` (que se encontra ao seu lado) adota um comportamento inspirado no robô `TrackFire` que, por sua vez, ataca o inimigo mais próximo dele e, neste caso, também mais próximo do robô `Boss`, não se movimentando ao longo do ataque.

- **Assumir a liderança**

  No cenário em que o robô `Boss` morre primeiro que o robô `Saviour`, o último assume a liderança. Para facilitar esta implementação, a classe `Saviour` vai ser uma subclasse da `Boss`. Posto isto, o robô `Saviour` passa a ter exatamente o mesmo comportamento descrito na secção 4.1.

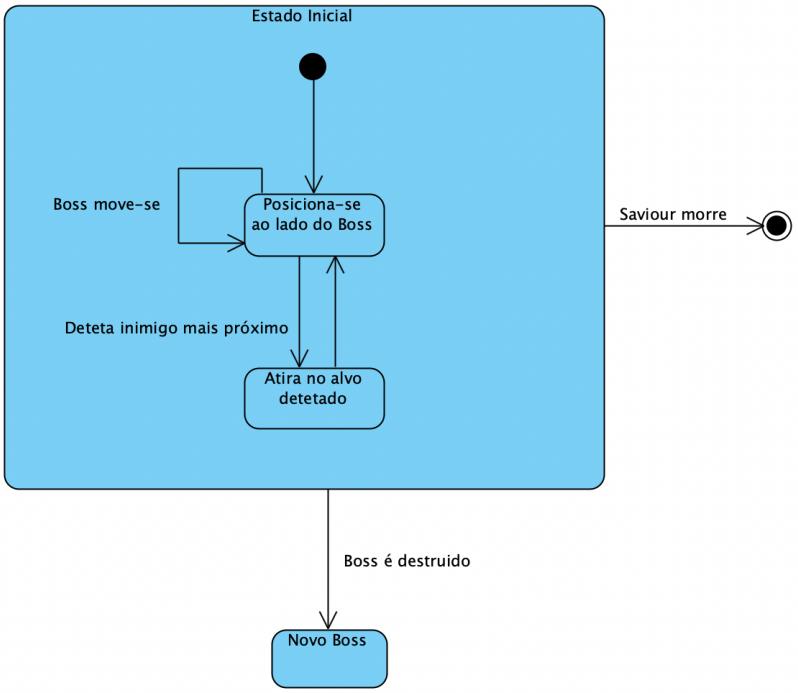


Figura 4.1: Diagrama de estados do robô `Saviour`

4.3 `Gladiator`

4.3.1 Movimento

Este robô apresenta dois diferentes tipos de movimento dependendo das circunstâncias.

Inicialmente, começa por ter um movimento circular no sentido dos ponteiros do relógio (Figura 4.2), tal como o robô `SpinBot`. Decidimos adotar este comportamento para o nosso robô, uma vez que, após analisar com atenção todos os robôs predefinidos no Robocode, apercebemo-nos que o `SpinBot` ganha várias batalhas graças ao seu movimento imprevisível, visto que dificulta a tarefa de os rivais lhe atingirem.

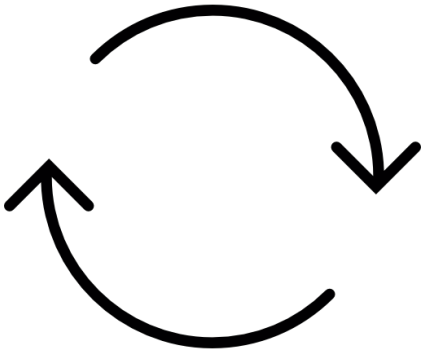


Figura 4.2: Movimento que o robô `Gladiator` começa por adotar

Quando os robôs `Boss` e `Saviour` morrem, este robô deixa de ter quem o auxilie no que toca ao radar e, portanto, adota outro tipo de movimento. Nesta situação (e à semelhança do movimento do robô `Walls`), irá começar a circular à volta das paredes do campo de batalha (Figura 4.3) sem disparar, de modo a poupar energia e tentar esgotar o tempo da batalha. Este movimento poderá constituir uma ameaça para os robôs rivais, uma vez que estes perdem bastante energia a disparar contra o robô `Gladiator` sem quase nunca lhe acertar, devido ao facto de este estar em constante movimento na zona mais resguardada do campo de batalha.

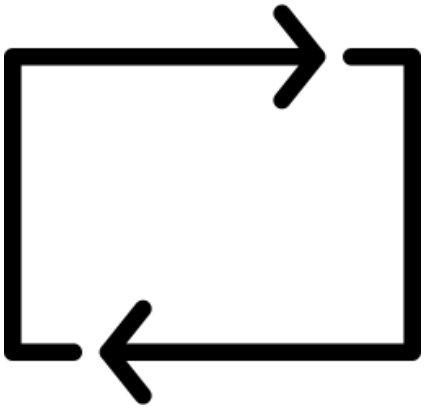


Figura 4.3: Movimento que o robô `Gladiator` adota quando os robôs `Boss` e `Saviour` morrem

Caso o robô `Gladiator` colida com algum obstáculo, irá executar três comportamentos distintos dependendo da situação:

- Caso ainda não esteja a circular à volta das paredes do campo de batalha e o obstáculo com o qual colidiu seja um colega de equipa, vira-se para a sua direção no sentido oposto e avança ligeiramente;

- Caso ainda não esteja a circular à volta das paredes do campo de batalha, o obstáculo com o qual colidiu seja um rival e:
  - O ângulo a rodar para ficar na mesma direção que o último seja muito reduzido (entre -10º e 10º), dispara;
  - Tenha sido culpa dele, gira 10º à direita para continuar a rodar;
- Caso já esteja a circular à volta das paredes do campo de batalha e:
  - O obstáculo esteja à sua frente, recua ligeiramente;
  - O obstáculo esteja atrás dele, avança ligeiramente.

4.3.2 Ação

O robô `Gladiator` executa três ações distintas, dependendo do tipo de mensagem que recebe:

- **Informa acerca da sua posição (mensagem do tipo `REQUEST`)** - Comunica aos seus colegas de equipa as suas coordenadas atuais;
- **Ataca (mensagem do tipo `ATTACK`)** - Dispara contra o rival que o robô `Boss` lhe ordenou atingir (recorrendo, mais uma vez, à estratégia explicada na Figura 3.2 para calcular o ângulo que a arma tem de rodar);
- **Atualiza o *HashMap* dos colegas de equipa (mensagem do tipo `INFO`)** - Coloca o remetente da mensagem no *HashMap* dos colegas de equipa.

4.4 `Avenger`

Este robô caracteriza-se pela sua excecional agressividade na procura e destruição dos robôs inimigos. O robô `Avenger` apresenta dois tipos de comportamento: *hunting mode* e *avenging mode*. A sua movimentação depende destes dois modos, ou seja, depende sempre dos inimigos que ele localiza e decide atacar ou das ordens do robô `Boss`.

4.4.1 *Hunting mode*

Este é o comportamento padrão do robô `Avenger`. Neste modo, o robô `Avenger` funciona como um robô `Tracker`, ou seja, começa por rodar o radar para identificar um inimigo e, de seguida, persegue e ataca esse inimigo. O robô `Avenger` para de perseguir esse inimigo, caso o mate ou o perca de vista por um certo período de tempo. Tanto num caso como no outro, o robô `Avenger` volta a usar o radar para identificar um novo alvo.

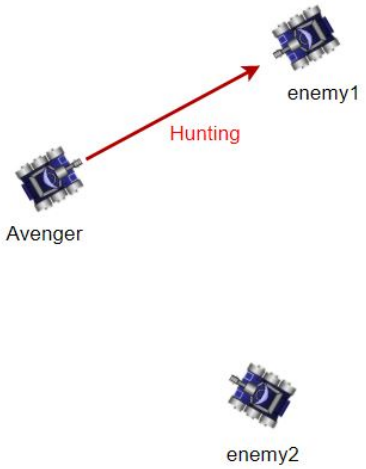


Figura 4.4: Comportamento padrão do robô `Avenger`

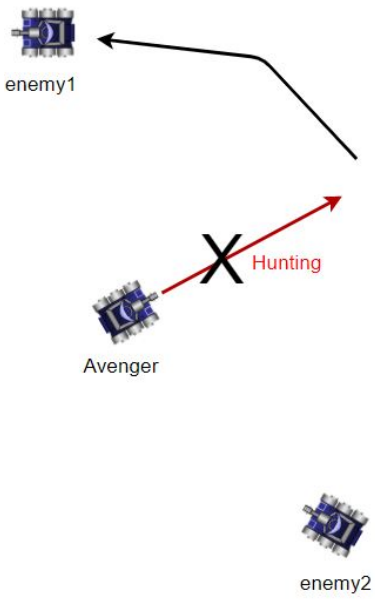


Figura 4.5: O robô `Avenger` perde o inimigo de vista

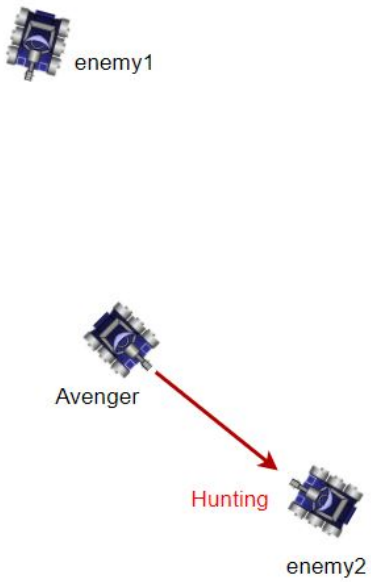


Figura 4.6: O robô `Avenger` identifica um novo inimigo

4.4.2 *Avenging mode*

Este é o comportamento que o robô `Avenger` adota, quando o robô `Boss` é atacado. Quando o robô `Boss` é atacado por um inimigo, este envia uma mensagem ao robô `Avenger` com o nome do inimigo que o atacou. O robô `Avenger` começa a perseguir este inimigo, ignorando qualquer perseguição que estivesse a fazer anteriormente, ou seja, o inimigo que vem na mensagem do robô `Boss` tem prioridade e, portanto, passa a ser o seu alvo. Ao contrário do que acontece quando o robô `Avenger` está em *hunting mode*, neste modo, este robô é incrivelmente persistente, pois, mesmo que perca de vista o inimigo, continua a procurá-lo indefinidamente. Apenas há duas situações onde o robô `Avenger` para de perseguir o inimigo: se tiver sucesso na destruição do inimigo em questão ou se morrer. É de notar que nem mesmo uma nova mensagem do robô `Boss` com um novo inimigo a abater retira o efeito que este modo tem no robô `Avenger`. Caso isto aconteça, o último ignora esta ordem até cumprir a atual.

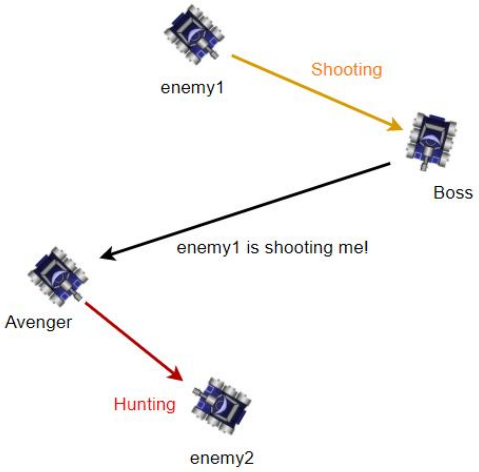


Figura 4.7: O robô `Boss` envia uma mensagem ao robô `Avenger` com o nome do inimigo que o atacou

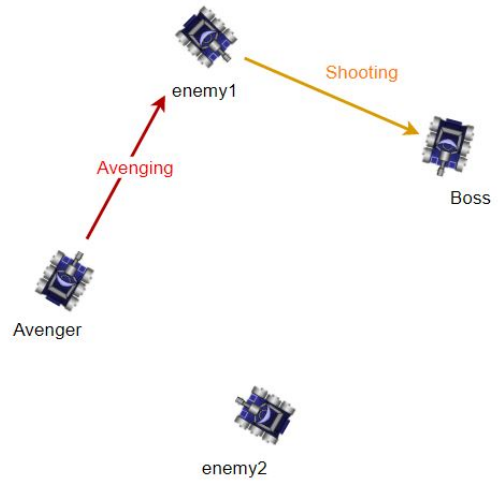


Figura 4.8: O robô `Avenger` ataca o inimigo cujo nome estava na mensagem do robô `Boss`

5 Conclusão e Análise de Resultados

A realização deste projeto, em particular com recurso à programação de robôs, permitiu-nos ambientar ao planeamento de trajetórias e a estratégias e arquiteturas de controlo.

Na primeira etapa, procedemos ao desenvolvimento de um odómetro e à circumnavegação de três obstáculos estáticos, com o objetivo de percorrer a menor distancia possível. Nesta fase, tivemos especial dificuldade em contornar os obstáculos sem colidir com eles. Porém, após várias tentativas, acabámos por optar percorrer uma distância ligeiramente maior com o benefício de nunca atingir os mesmos.

Na segunda etapa, formámos uma equipa capaz de demonstrar vários comportamentos de grupo, o que nos possibilitou a familiarização com a troca de mensagens entre os robôs e todos os métodos inerentes à classe `TeamRobot`. Esta fase permitiu-nos, ainda, aplicar os conhecimentos adquiridos na unidade curricular de Agentes Inteligentes acerca da cooperação entre agentes.

Por último, na terceira etapa, concebemos uma equipa de cinco robôs (um robô `Boss`, um robô `Saviour` e três robôs `Gladiator`), capazes de ganhar batalhas e, consequentemente, competições. Apesar de alguns problemas, nomeadamente no que toca a *friendly fire*, a nossa equipa apresenta um excelente desempenho quando compete com a equipa predefinida no Robocode (por exemplo), tal como podemos ver na Tabela 5.1, o que demonstra que todos os requisitos foram cumpridos com sucesso.

Rank	**1st**	**2nd**
Robot Name	sa.fase3.BossTeam (1)	sampleteam.MyFirstTeam (2)
Total Score	16629 (71%)	6634 (29%)
Survival	9700	2800
Surv Bonus	1350	100
Bullet Dmg	4697	3444
Bullet Bonus	831	282
Ram Dmg * 2	52	8
Ram Bonus	0	0
1sts	8	2
2nds	2	8
3rds	0	0

Tabela 5.1: Resultados da competição entre a nossa equipa e a equipa predefinida no Robocode após 10 batalhas