 <b>INSTITUTO FEDERAL</b> Espírito Santo Campus Linhares Coordenadoria de Automação Industrial	<b>Curso:</b>		Engenharia de Controle e Automação				
	<b>Turma:</b>		ENG7 (7º Período)				
	<b>Disciplina:</b>		Robótica Móvel				
	<b>Professor:</b>		Lucas Vago Santana				
<b>Alunos(as):</b>							
<b>Atividade:</b>		<b>Data:</b>		<b>Valor:</b>	15 pts	<b>Nota:</b>	

## Estudo Dirigido Sobre Desvio de Obstáculos

### Forma de avaliação:

– Experimental, simulação, oral via autoavaliação;

### Introdução:

O conceito de desvio de obstáculos está associado a controladores de posição/trajetória de um robô que levam em consideração um caminho livre entre a origem do movimento e o destino final do robô.

Um ambiente real pode sofrer modificações pela inserção de obstáculos estáticos (mesas, cadeiras, etc.) ou dinâmicos (pessoas andando, outros robôs navegando, etc.) e caminhos livres podem ser ocupados, impossibilitando o alcance da posição desejada.

Como solução, a literatura apresenta diversos métodos de navegação autônoma baseados em autômatos finitos, algoritmos reativos, planejadores de caminho, supervisores de controle, entre outros, que auxiliam os robôs móveis a vencer tanto obstáculos convexos como obstáculos não-convexos (Ver Figura 1).

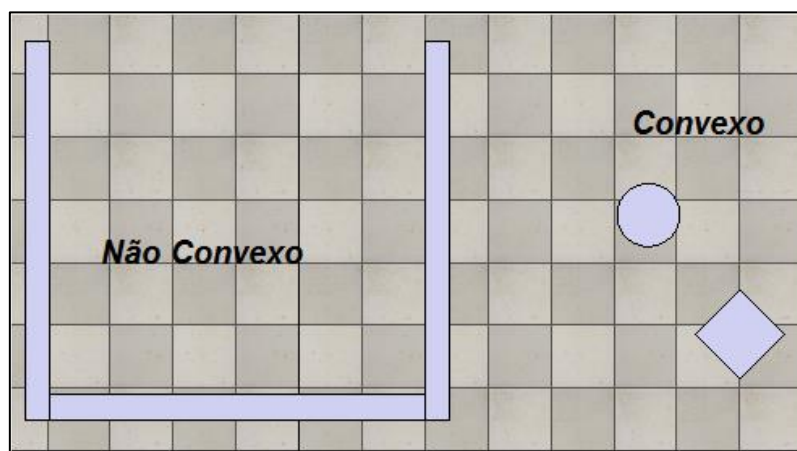


Figura 1 – Tipos mais comuns de obstáculos no caminho dos robôs

No contexto desta atividade, pretende-se apresentar um estudo de caso para realizar o desvio de **obstáculos convexos** que são mais simples de compreender e resolver.

### Robô de Simulação:

Para as atividades de simulação, o robô do V-REP foi equipado com três sensores do tipo infravermelho que responde até 1m de distância. Sua denominação ficou como (*Sl* - sensor da esquerda; *Sc* – sensor do centro; *Sl* – sensor da direita). A posição deles foi distribuída conforme Figura 2.

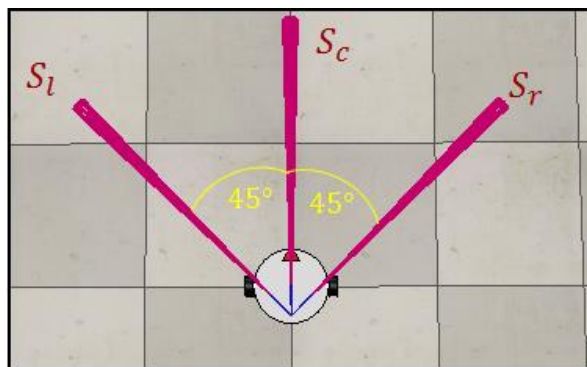


Figura 2 – Robô da Simulação.

No código, a sua utilização se dá pela chamada da função `Ler_Sensores`, conforme:

```
StateL, StateC, StateR, sl, sc, sr = Ler_Sensores(SensorL, SensorC, SensorR)
```

Onde:

- **StateL, StateC e StateR:** variáveis binárias que indicam a leitura no sensor (**0**: Sem leitura, **1**: Com leitura);
- **sl, sc e sr:** variáveis de ponto flutuante que indicam a leitura de cada sensor na faixa  $0m \leq s \leq 1.0m$ ;

**Referência:**

BRAITENBERG, V. *Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology*. 1. Ed. A Bradford Book. 1986.

**Algoritmo de Braitenberg:**

Sistemas de navegação para desvio de obstáculos convexos podem ser construídos a partir de estratégias reativas. O algoritmo de Braitenberg, por exemplo, propõe um mecanismo de reação aos obstáculos que utiliza a matriz de pesos ( $P$ ) para ponderar o vetor de leituras normalizadas dos sensores ( $S$ ) e convertê-las em sinais que alteram as velocidades das rodas do robô para que o mesmo desvie dos obstáculos.

O algoritmo generalizado para  $n$  sensores é dado por:

Onde:

$$P = \begin{bmatrix} P_{1l} & \dots & P_{nl} \\ P_{1r} & \dots & P_{nr} \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 1 - S_1/S_{max} \\ \vdots \\ 1 - S_n/S_{max} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \omega_{eb} \\ \omega_{db} \end{bmatrix} = P * S$$

- $P_{1l}$  – Peso aplicado à medida normalizada do sensor 1 na roda esquerda;
- $P_{nl}$  – Peso aplicado à medida normalizada do sensor  $n$  na roda esquerda;
- $P_{1r}$  – Peso aplicado à medida normalizada do sensor 1 na roda direita;
- $P_{nr}$  – Peso aplicado à medida normalizada do sensor  $n$  na roda direita;
- $S_1$  – Medida do sensor 1;
- $S_n$  – Medida do sensor  $n$ ;
- $S_{max}$  – Medida máxima de distância que um sensor pode entregar;
- $\omega_{eb}$  – Modificação da velocidade angular da roda esquerda calculada pelo algoritmo de *Braitenberg*;
- $\omega_{db}$  – Modificação da velocidade angular da roda direita calculada pelo algoritmo de *Braitenberg*;

Quando aplicado em conjunto com a estratégia *Goal-To-Goal* tal algoritmo obtém resultados como o da Figura 3. Nela, o robô inicia seu caminho até o alvo, desviando de três obstáculos. Uma vez contornados os obstáculos, o controlador de posição reassume a navegação levando o robô até seu destino, desde que este seja alcançável.

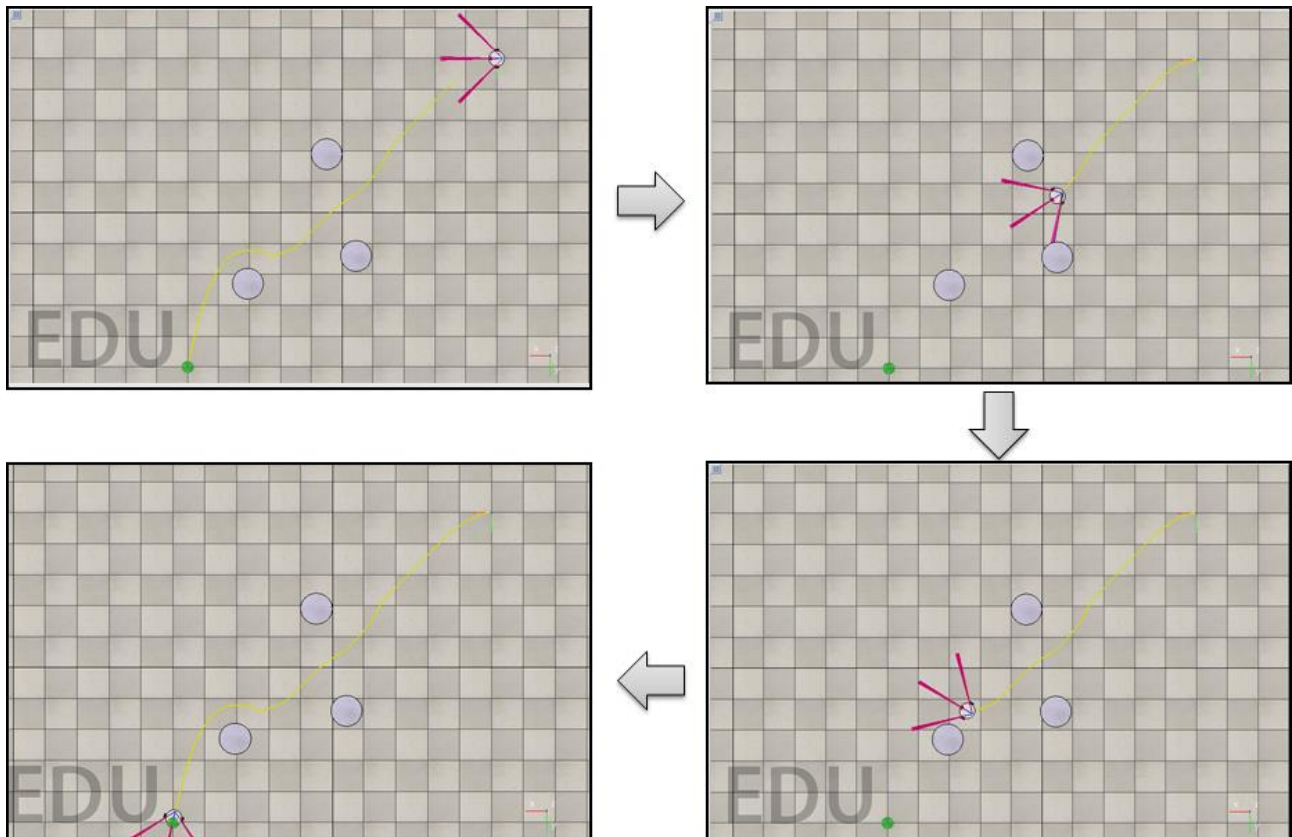
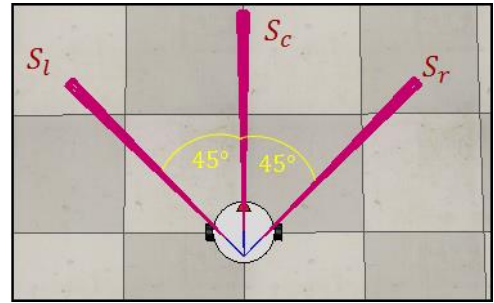


Figura 3 – Robô simulado realizando controle de posição com desvio de obstáculo.

### Questões:

Usando o modelo de simulação fornecido, responda:

1. Qual a distância máxima que cada sensor consegue medir ( $S_{max}$ )?
2. Qual é a resposta de cada sensor, quando a distância medida ( $s \geq S_{max}$ )?
3. Considerando o modelo de normalização da leitura dos sensores dado pela equação  $N_i = 1 - S_i/S_{max}$ , onde  $i = l, c, r$ . Qual é a resposta  $N_i$  para as seguintes leituras:
  - $s_r = 0.2m$ ?
  - $s_r = 0.5m$ ?
  - $s_l = 0.8m$ ?
  - $s_r = 1.0m$ ?
  - $s_c = 1.3m$ ?



4. Supondo a matriz de pesos ( $P$ ) e o vetor de leituras normalizadas ( $S$ ) definidos como:

$$P = \begin{bmatrix} K & K & -K \\ -K & -K & K \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad S = \begin{bmatrix} N_l \\ N_c \\ N_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - s_l/S_{max} \\ 1 - s_c/S_{max} \\ 1 - s_r/S_{max} \end{bmatrix}$$

Quais são as equações que determinam a modificação da velocidade de cada roda  $\omega_{eb}$  e  $\omega_{db}$ ?

5. Diante destas equações, responda:
  - a. Supondo  $K = 30.0$  e uma detecção apenas no sensor do centro de  $s_c = 0.6$ , em qual sentido o robô deverá girar?
  - b. Em qual sentido o robô deverá girar quando o sensor da esquerda detectar um obstáculo? Justifique pelas equações.
  - c. Em qual sentido o robô deverá girar quando o sensor do centro detectar um obstáculo? Justifique pelas equações.
  - d. Em qual sentido o robô deverá girar quando o sensor da direita detectar um obstáculo? Justifique pelas equações.
6. Implemente essa estratégia de desvio de obstáculo e apresenta-a ao professor em funcionamento.