

Sistema de Estacionamento Paralelo Automático

Jorge Cunha, Paulo Coelho, Ana Lopes, Gabriel Pires

Instituto Politécnico de Tomar

Introdução

Uma das manobras de estacionamento mais complexas é o estacionamento paralelo, pois exige uma perícia considerável por parte do condutor. Neste sentido propõe-se um Sistema de Estacionamento Paralelo Automático (SEPA), o qual foi aplicado a um protótipo tipo carro (Fig.1). Tem por base uma arquitectura distribuída ilustrada na Fig. 2, baseada numa rede de microcontroladores PIC. Todos os módulos da arquitectura distribuída estão interligados por um barramento de comunicação CAN (Controller Area Network).

O SEPA possui um sistema de percepção baseado em sensores de ultra-sons que é responsável pela deteção da vaga de estacionamento e por providenciar a informação necessária à realização da manobra de estacionamento.

O comprimento mínimo e profundidade de vaga de estacionamento são obtidos adaptando o modelo de Herrmann ao protótipo [1]. A Fig. 3 mostra uma janela da aplicação desenvolvida em Qt para monitorização de parâmetros nas diversas fases de estacionamento.

Figura 1

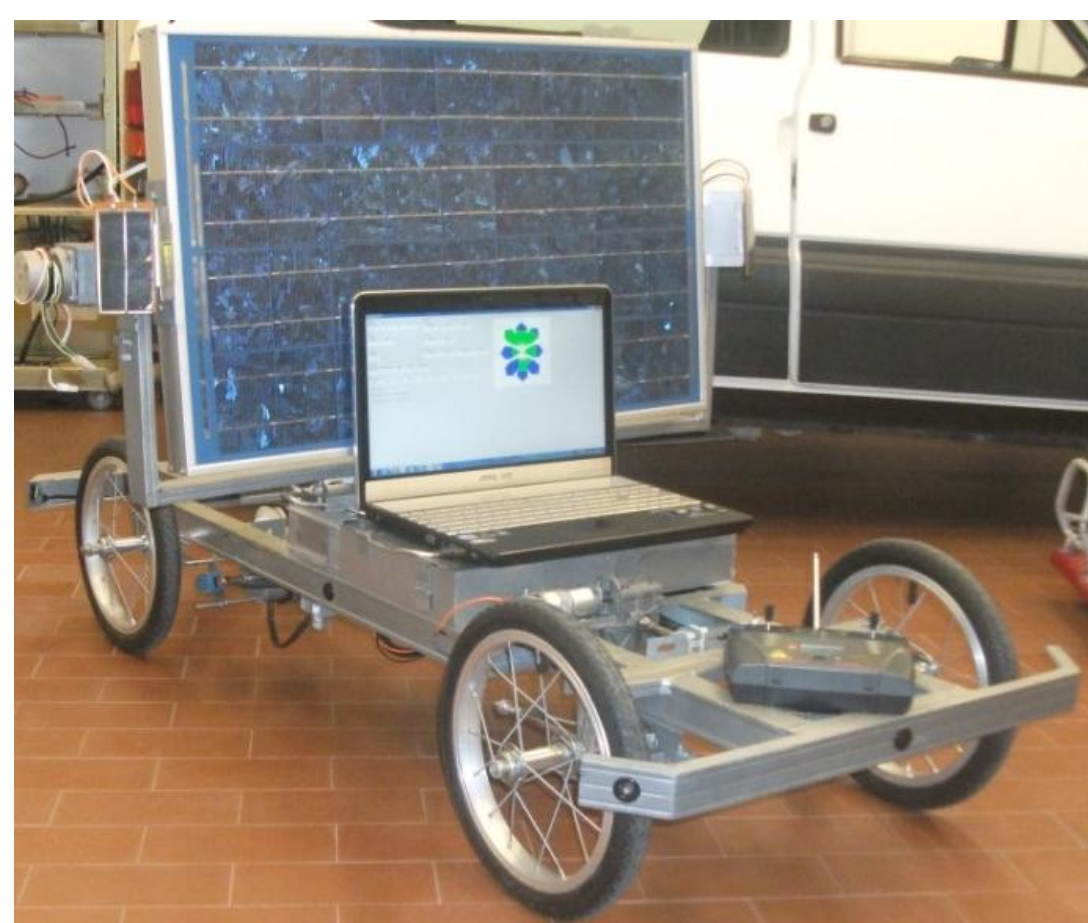


Figura 2

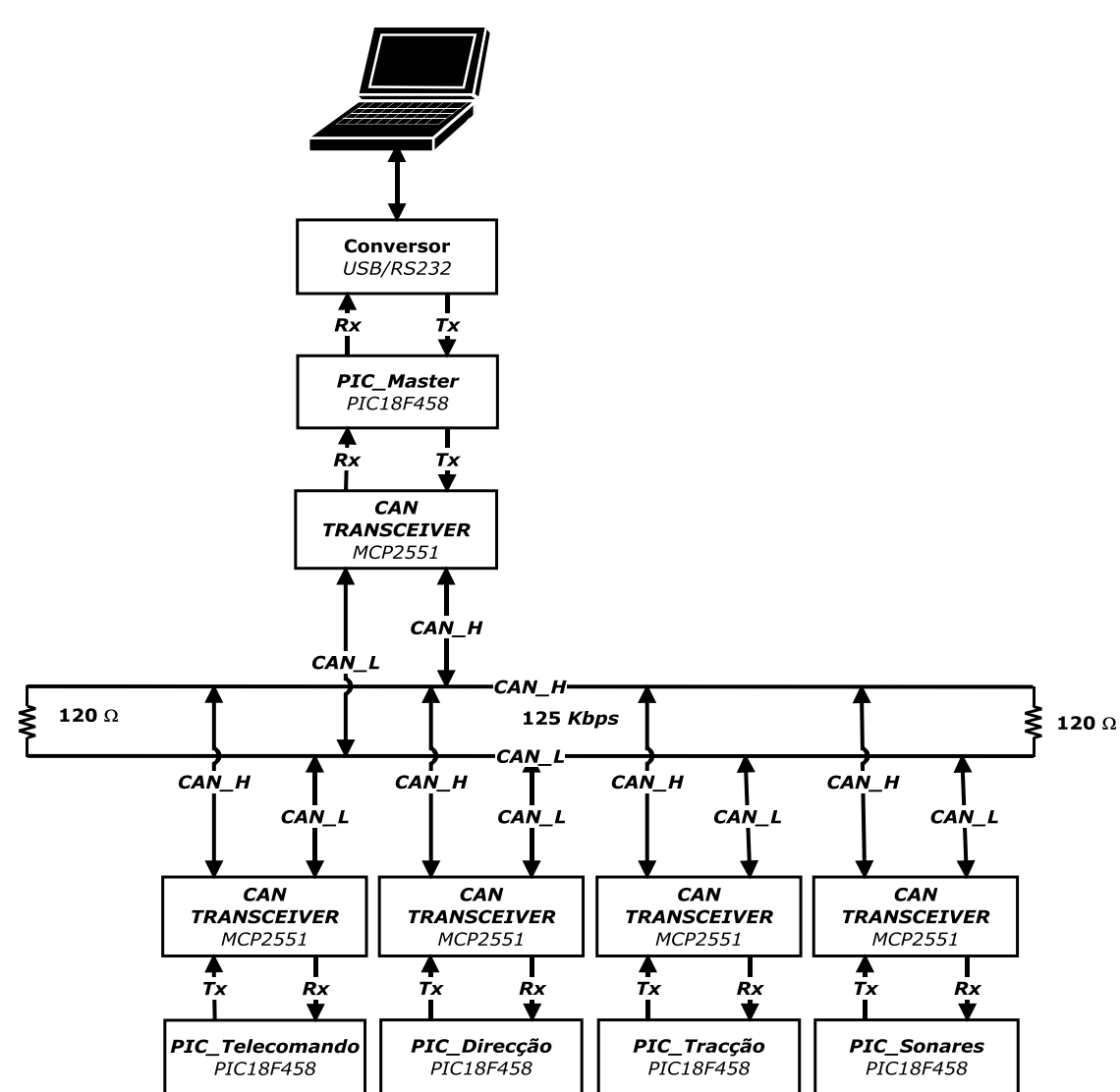
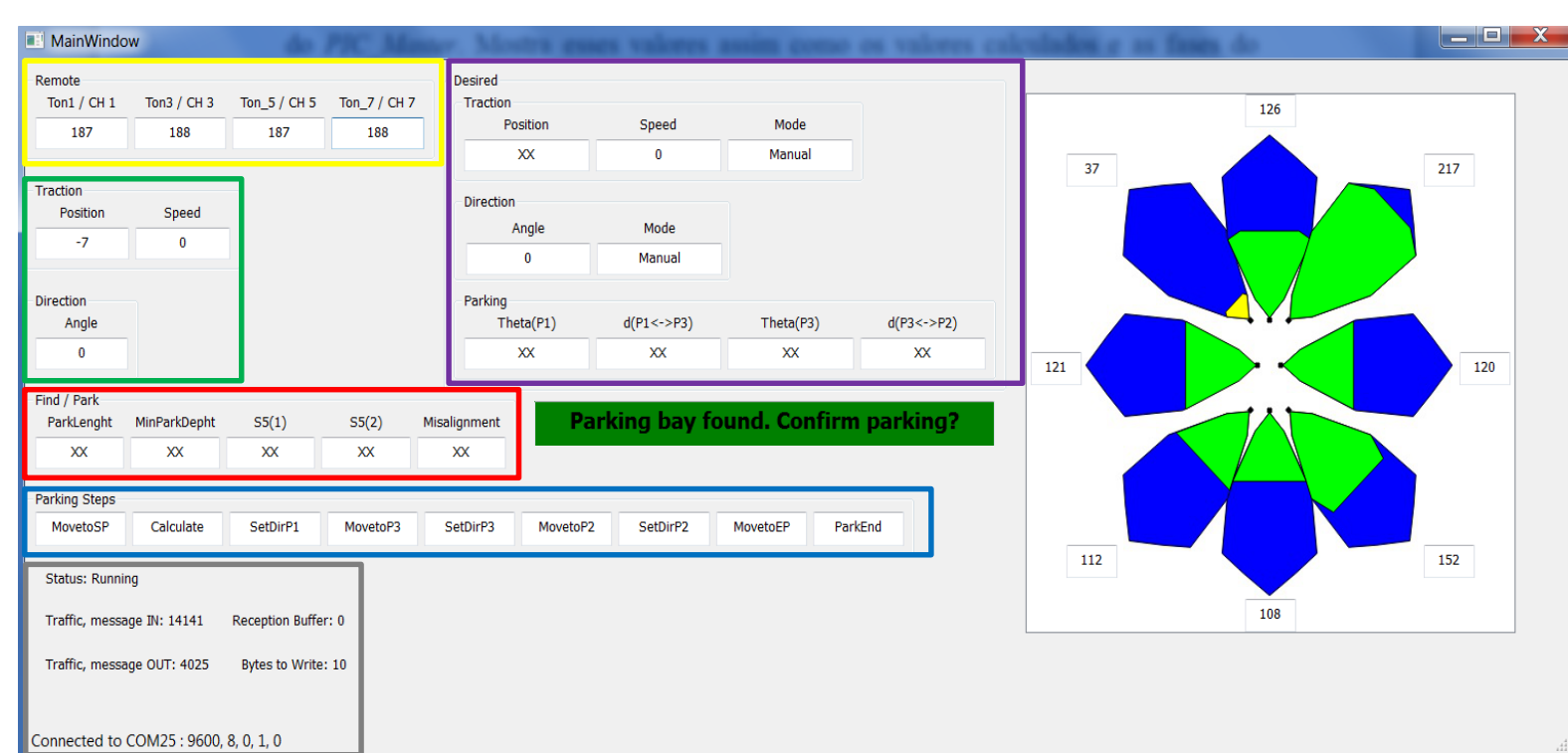


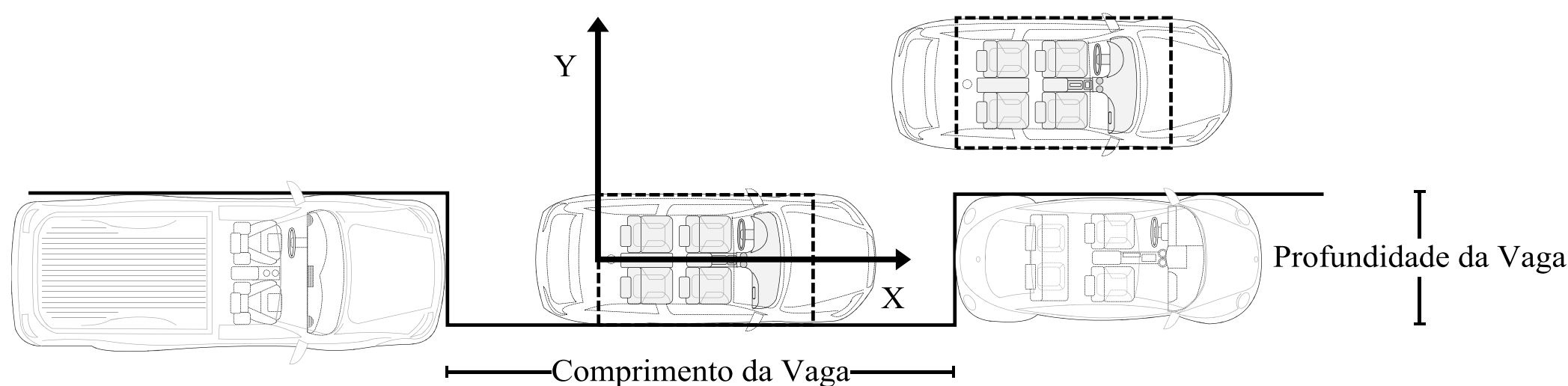
Figura 3



Método de estacionamento

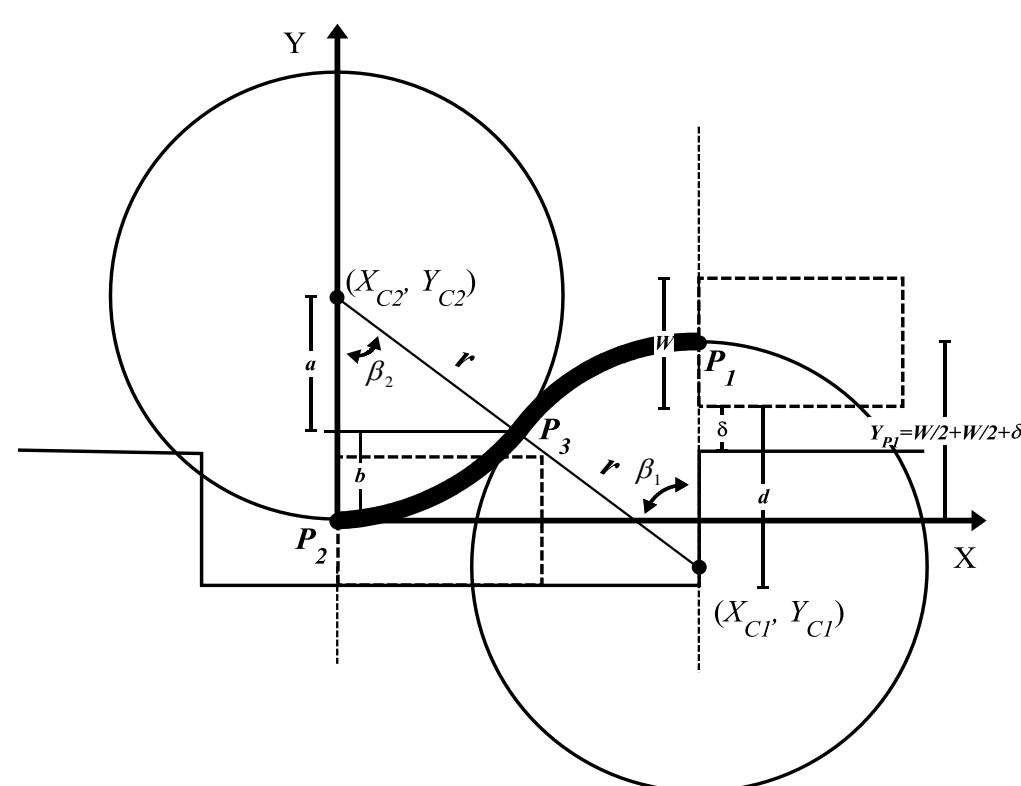
Numa primeira fase o veículo está parado junto ao veículo atrás do qual pretende estacionar (Fig. 4 em cima) e irá deslocar-se numa trajetória definida pelo ponto central do eixo traseiro através de dois arcos de círculo (C_1 e C_2) de modo a chegar à posição final, estacionado (Fig. 4 em baixo ao centro).

Figura 4



Na Fig. 5 a trajetória a seguir encontra-se definida pela linha de maior espessura. O veículo inicialmente irá virar a direcção um determinado ângulo (θ) negativo. De seguida desloca-se até ao ponto P3. Chegando a P3, pára e reorienta a direcção para o mesmo ângulo θ , mas agora positivo. De seguida desloca-se até P2, terminando assim o estacionamento.

Figura 5



Dimensões da vaga

Aplicou-se o modelo de Herrmann [1] tal como ilustrado na Fig. 6, obtendo-se as equações apresentadas na Tabela 1.

Figura 6

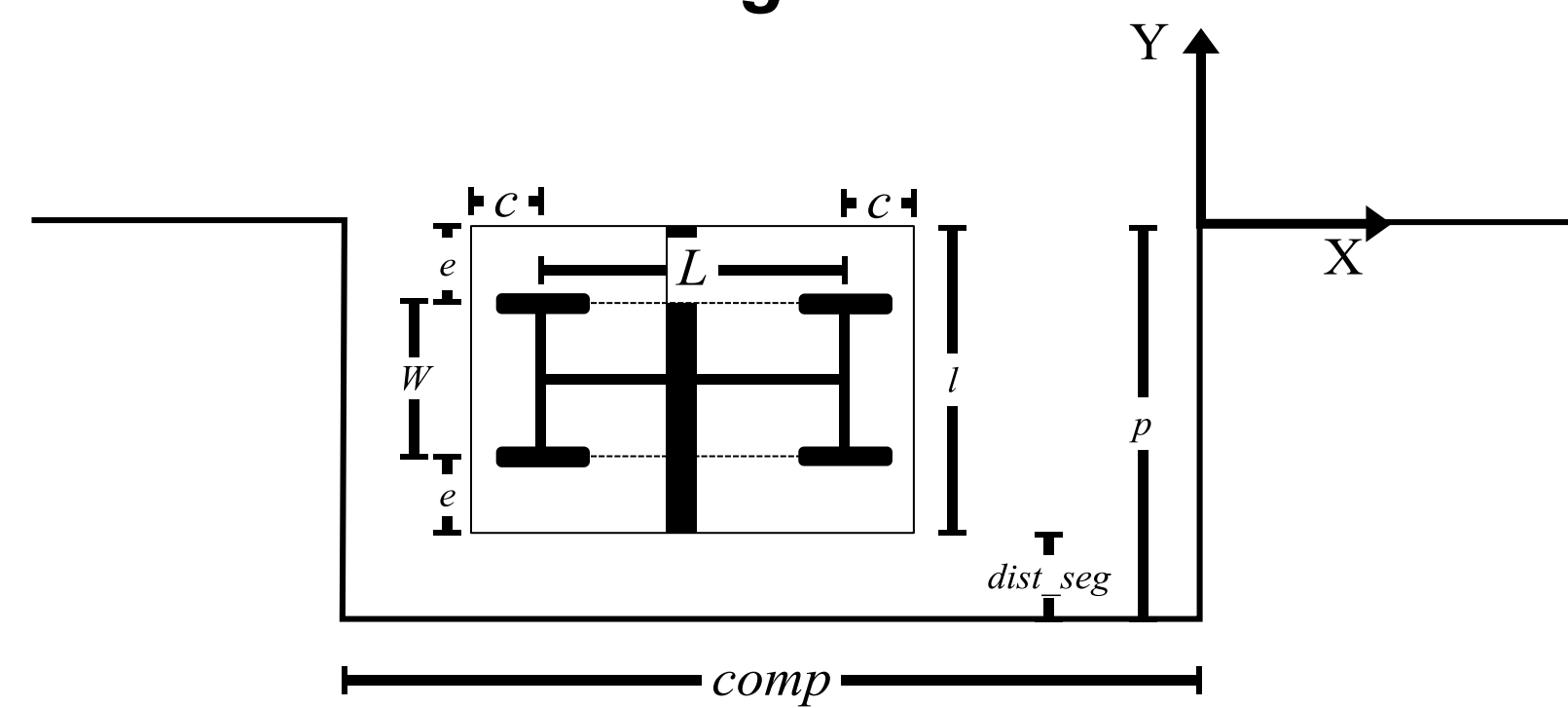


Tabela 1

Ângulo $\beta = \beta_1 = \beta_2$	$\beta = \cos^{-1} \left(-\frac{\delta + W + e}{2r} + 1 \right)$
Comprimento mínimo	$g \geq 2r \sin \beta + c + dist_seg$
Raio mínimo	$r = \frac{L}{ \tan \theta_{max} }$
Profundidade mínima	$p = W + 2e + dist_seg$

Cálculo da trajetória

Para efetuar o cálculo da trajetória de estacionamento são necessários dois pontos, o ponto inicial (P_1) e o ponto final (P_2), como se pode observar na Fig. 5, neste caso definidos em relação ao centro do eixo traseiro [2].

De modo a simplificar todo o processo de cálculo, o ponto P_2 , foi definido como tendo como coordenadas (0,0). No entanto, muitas das vezes o veículo não se encontra paralelo ao veículo atrás do qual se pretende estacionar, logo é necessário calcular esse desalinhamento (Figs. 7, 8 e 9). Onde $S5_1$ e $S5_2$ correspondem às medidas efetuadas pelo sonar S5 quando passou nesses pontos. Na Tabela 2 são apresentadas as equações obtidas.

Figura 7

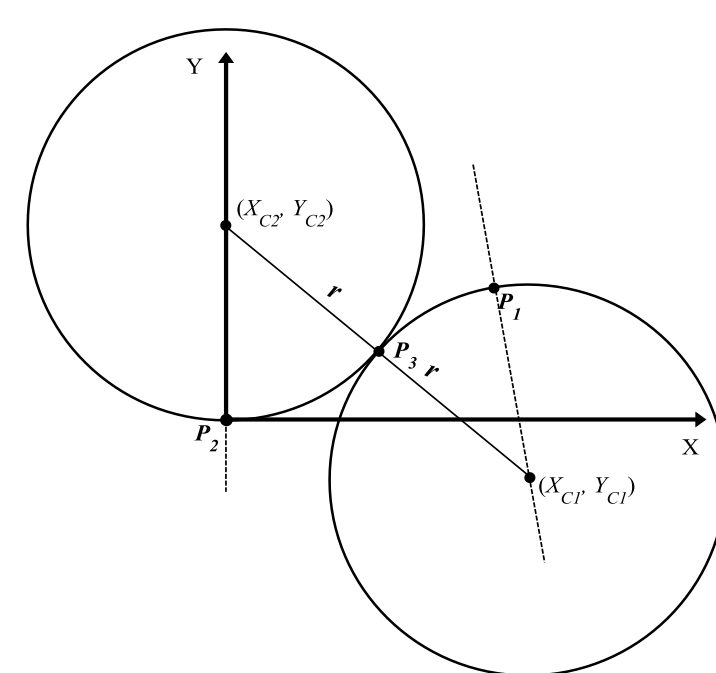


Figura 8

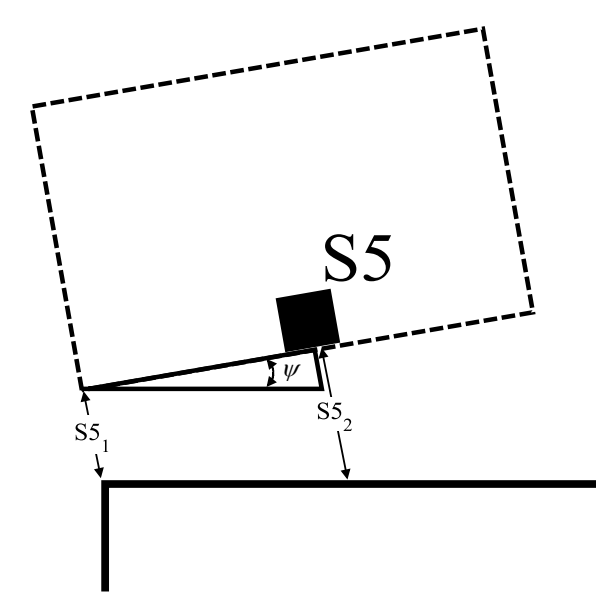


Figura 9

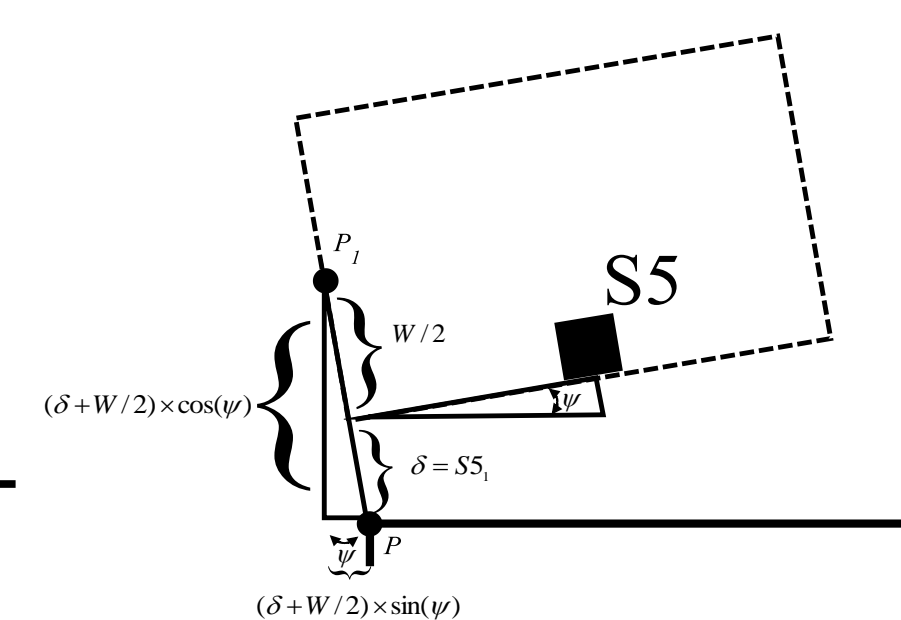


Tabela 2

	Alinhado	Desalinhado
Ângulo desalinhamento	$\psi = 0$	$\psi = \tan^{-1} \frac{(S5_2 - S5_1)}{L/2}$
Raio	$r = \frac{X_{P1}^2 + Y_{P1}^2}{4Y_{P1}}$	$r = \frac{Y_{P1} + Y_{P2} \cos(\psi) - X_{P1} \sin(\psi) - \sqrt{(Y_{P1}^2 \cos^2(\psi) - X_{P1}^2 \cos^2(\psi) + 2X_{P1}Y_{P1} \cos(\psi) - 2X_{P1}^2 \cos(\psi) - X_{P2}Y_{P2} \sin(2\psi) - 2X_{P1}Y_{P2} \sin(\psi))}}{2(\cos(\psi) - 1)}$
Ângulo de direcção	$\theta = \pm \tan^{-1} \frac{L}{r}$	$\theta = \pm \tan^{-1} \frac{L}{r}$
Ângulo β	$\beta_{1,2} = \sin^{-1} \frac{X_{P1}}{2r}$	$\beta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{X_{P1} + r \sin \psi}{2r} \right) - \psi$; $\beta_2 = \beta_1 + \psi$
Distância a percorrer	$d_{(P1 \rightarrow P2)} = (\beta_{1,2}/360) \times 2\pi \times r$	$d_{(P1 \rightarrow P3)} = (\beta_1/360) \times 2\pi \times r$; $d_{(P3 \rightarrow P2)} = (\beta_2/360) \times 2\pi \times r$

Conclusões

Foram efectuados dois tipos de teste, um para validar o algoritmo de procura de vaga e um outro para testar o estacionamento. Constatou-se que a variação nas distâncias medidas em relação às distâncias reais é relativamente pequena. No entanto, se a vaga existente tiver dimensões muito próximas do tamanho necessário, poderão ocorrer erros no seu mapeamento. Em todos os testes ao algoritmo de estacionamento, o veículo ficou estacionado quase como pretendido, pois basta haver um pequeno desalinhamento no ângulo de direcção e no deslocamento, para que a posição final não seja exactamente a pretendida. No entanto, as variações obtidas foram muito pequenas, sendo praticamente insignificantes.

Referências

1. N. Herrmann, The Beauty of Everyday Mathematics, New York: Springer - Copernicus Books, 2012.
2. A. Gupta, R. Divekar e M. Agrawal, "Autonomous Parallel Parking System for Ackerman steering four wheelers," em Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), Coimbatore, 2010.