

"CAMPO de POTENCIAL"

Campo de FORÇAS VIRTUAIS (VFF)

- Utiliza uma grelha para representar os obstáculos detectados.
- Esta grelha é constituída como um histograma bidimensional.
- Em cada uma das células da grelha fica registado o número de vezes que um sensor registou a presença de um obstáculo nessa zona.

Cálculo das forças repulsivas

- Cada célula ocupada exerce uma força repulsiva sobre o robot.
- Esta força é proporcional ao valor do histograma e inversamente proporcional à distância entre a célula e o robot

$$F(i, j) = \frac{F_{cr} C(i, j)}{d^2(i, j)} \left[\frac{x_t - x_o}{d(i, j)} \hat{x} + \frac{y_t - y_o}{d(i, j)} \hat{y} \right]$$

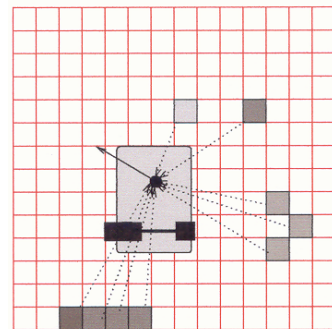
F_{cr} : força constante repulsiva
 $d(i, j)$: distância entre robot-célula
 $C(i, j)$: valor da célula
 x_o, y_o : coordenadas do robot
 x_t, y_t : coordenadas da célula

"CAMPO de POTENCIAL"

Campo de FORÇAS VIRTUAIS (VFF)

- As células que circundam o robot vão exercer forças repulsivas sobre o robot, sendo a força resultante

$$F_R = \sum_{ij} F(i, j)$$



- Esta força tende a empurrar o robot para longe dos obstáculos.
- É ainda aplicada ao robot uma força constante que puxa o robot em direcção à posição destino, definida por

$$F_A(i, j) = F_{ca} \left[\frac{x_t - x_o}{d_t} \hat{x} + \frac{y_t - y_o}{d_t} \hat{y} \right]$$

F_{ca} : força constante atractiva
 d_t : distância entre robot-célula
 x_o, y_o : coordenadas do robot
 x_t, y_t : coordenadas da célula

- A força resultante aplicada ao robot é

$$F = F_R + F_A$$

Campo de FORÇAS VIRTUAIS (VFF)

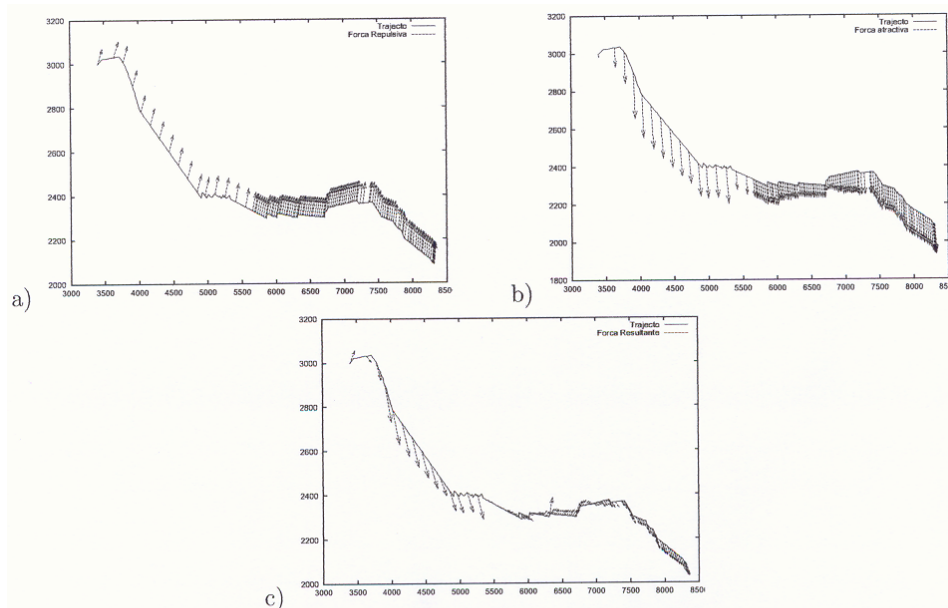


Figura 4.7: Trajecto percorrido utilizando o método VFF, partindo do ponto (3400,3000) com destino à posição (10000,10000): a) força repulsiva, b) força atractiva produzida pelo objectivo, c) força resultante.

"CAMPO de POTENCIAL"

Campo de FORÇAS VIRTUAIS (VFF)

- **DESVANTAGENS :**
 - Este método baseia-se unicamente na soma vectorial das forças que cada uma das cargas exerce sobre o robot, não utilizando directamente informação sobre a disposição dos obstáculos para escolher a direcção a seguir.
 - Isso faz com que, tal como no método clássico, o robot fique preso em zonas onde a soma das forças repulsivas anule a força atractiva produzida pelo objecto.

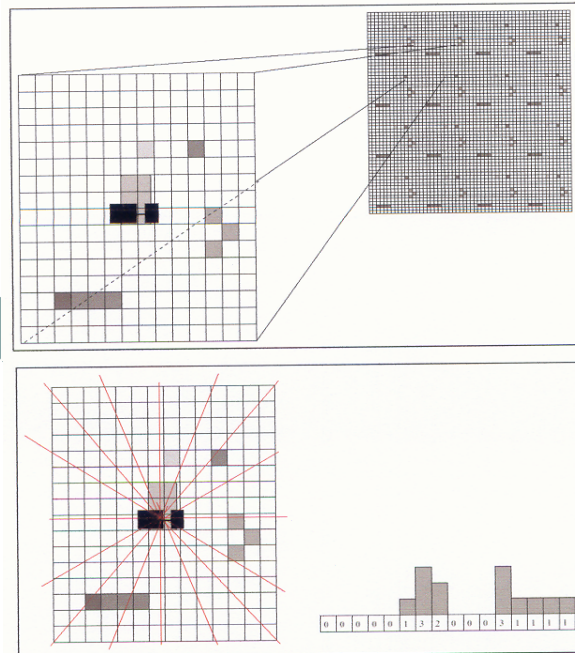
Histograma de Campo Vectorial (VFH)

- Este método tenta resolver o problema dos mínimos locais existente no VFF.
- Neste método os dados são processados em duas etapas:
 1. Construção de uma grelha de ocupação tal como no VFF.
 2. Construção de um histograma polar relativo à distribuição de obstáculos em torno do robot.

"CAMPO de POTENCIAL"

Histograma de Campo Vectorial (VFH)

- É utilizada uma janela centrada no robot.
- Esta janela é dividida em células onde cada célula corresponde a uma zona do espaço circundante do robot.
- O preenchimento das células é feito de forma idêntica ao VFF.
- Os registos correspondentes às observações dos sensores são feitos sobre as células da janela.
- O histograma polar é obtido dividindo a janela em sectores centrados no robot e contabilizando o número de células ocupadas em cada sector.



"CAMPO de POTENCIAL"

Histograma de Campo Vectorial (VFH)

- O histograma polar permite saber qual (ou quais) as direcções que o robot pode tomar sem haver perigo de colidir com obstáculos.

Construção do Histograma Polar:

- Determina-se para cada célula do histograma de ocupação a direcção (ângulo) em relação ao centro do robot e um valor de amplitude.
- O ângulo é dado por

$$\beta(i, j) = \tan^{-1} \frac{y_j - y_0}{x_i - x_0}$$

- A amplitude é dada por

$$m(i, j) = (c_{i,j}^*)^2 \times (a - b \cdot d_{i,j})$$

- O histograma polar é construído somando para cada sector K os valores da amplitude calculados para cada célula no interior desse sector.

$$h_k = \sum_{i,j} m_{i,j}$$

a, b : constantes positivas

$d_{i,j}$: distância entre robot-célula

$c_{i,j}^*$: valor de certeza de ocupação da célula.

NOTA: Os valores de a, b são escolhidos de forma a que a amplitude se anule para a célula mais distante do robot.

Histograma de Campo Vectorial (VFH)

- Por razões que têm a ver com a natureza discreta do histograma polar, o histograma é filtrado através de um filtro passa-baixo de fase nula.

$$h'_k = \frac{h_{k-l} + 2h_{k-l+1} + \dots + 2h_{k+l-1} + h_{k+l}}{2l+1}$$

- O histograma resultante contém picos que correspondem a direcções com maior densidade de obstáculos e vales que correspondem a direcções onde existem poucos ou nenhuns obstáculos.
- Os obstáculos mais distantes contribuem menos para o histograma, ao passo que obstáculos próximos vão surgir como picos no histograma.
- Sendo conhecida a posição final desejada e a posição actual do robot, define-se uma direcção objectivo, sendo escolhido do histograma o vale que mais se aproxima dessa direcção objectivo.
- Depois de escolhido o vale é necessário escolher o sector ao longo do qual o robot se irá deslocar.

$$\theta = \frac{(\theta_i + \theta_f)}{2}$$

- Para a selecção dos vales candidatos é necessário definir um limiar.

Histograma de Campo Vectorial (VFH)

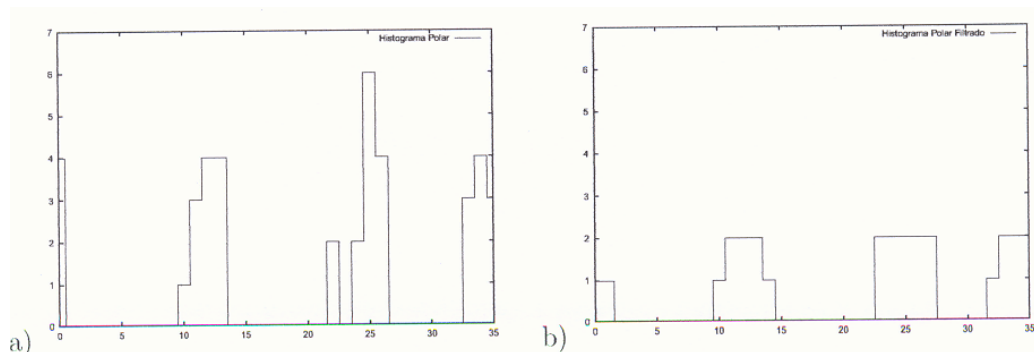


Figura 4.13: Exemplos de: a) histograma polar obtido. b) histograma polar depois de filtrado.