



UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

IM – INSTITUTO DE MATEMÁTICA

NCE – NÚCLEO DE COMPUTAÇÃO ELETRÔNICA

TRABALHO DA DISCIPLINA LÓGICA NEBULOSA

**RETIRADA DE REGRAS DE UM
MEGAMAN NEBULOSO
Lógica Nebulosa**

Prof. Adriano Joaquim de Oliveira Cruz

Janeiro / 2004

**Adriano Martins Moutinho
Viviane Soares Rodrigues Silva**

SUMÁRIO

1	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:	3
1.1	OBJETIVO:	3
1.2	CONSIDERAÇÕES EM [1]:	3
1.3	RESULTADOS DESEJADOS EM [1]:	5
1.4	RESULTADOS DESEJADOS NESTE TRABALHO:	5
2	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO [1]:	5
2.1	DEFINIÇÃO DOS CONJUNTOS NEBULOSOS E REGRAS:	5
2.2	DEFINIÇÃO DO RADAR:	5
3	DESCRIÇÃO DOS CONJUNTOS NEBULOSOS E REGRAS	6
3.1	CONJUNTOS DE ENTRADA:	6
3.1.1	<i>Variável φ (representada por ang):</i>	6
3.1.2	<i>Variável dist:</i>	7
3.2	CONJUNTO DE SAÍDA	8
3.2.1	<i>Variável θ (representada por ang-saida)</i>	8
3.3	DESCRIÇÃO DAS REGRAS	9
4	A RETIRADA DE REGRAS:	11
5	CONCLUSÕES:	14
6	REFERÊNCIAS:	14
7	ANEXOS:	14

1 Descrição do problema:

1.1 Objetivo:

Este relatório consiste em uma análise do trabalho desenvolvido anteriormente em [1], que consistia em desenvolver um controlador nebuloso, simulado em MATLAB [2], para resolver o problema de guiar um robô através de um mundo virtual com alguns obstáculos. O objetivo do simulador [1] deve ser fazer o robô chegar no lado direito do mundo virtual evitando os obstáculos.

O objetivo principal deste relatório é testar a resistência de um controlador fuzzy a retirada de regras.

A figura 1 mostra o robô que está sendo simulado e a área de movimentação. A seta indica a direção em que o robô está indo e deve ser desenhada sempre. As três variáveis ϕ , x e y determinam exatamente a posição do robô e ϕ especifica o ângulo do robô com a horizontal. O par (x,y) especifica a posição do centro do círculo. A variável *dist* fornece a distância até o obstáculo que se encontra exatamente à frente do robô.

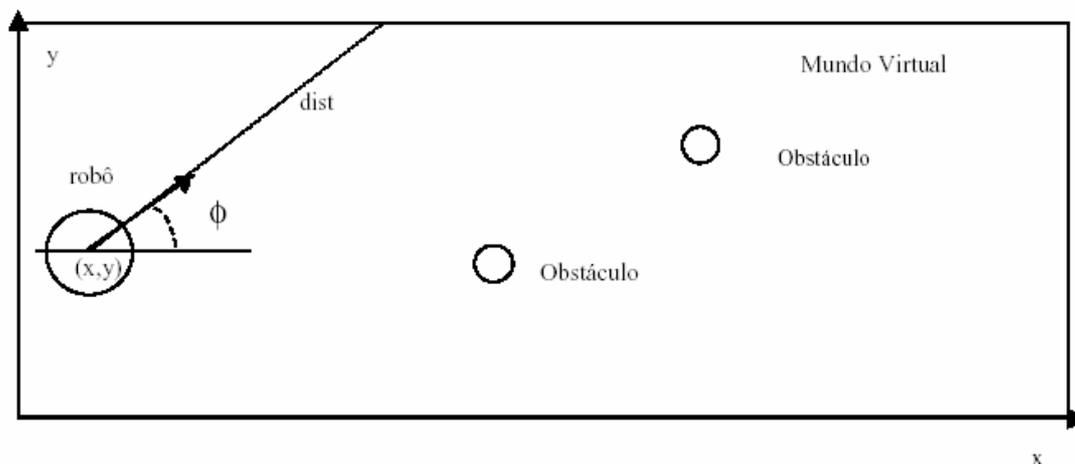


Figura 1 - Robô em movimento

1.2 Considerações em [1]:

- O robô somente anda para frente.
- A área de percurso corresponde ao plano $[0:100] \times [0:200]$, e (xf, yf) é igual a $(200,*)$.

- Em cada etapa da simulação o controlador deve produzir o ângulo θ (ângulo do volante) que leva o robô para a posição final a partir de qualquer posição inicial e qualquer ângulo na área de estacionamento.
- O robô tem um sensor que é capaz de indicar a distância exata até o obstáculo que se encontra exatamente a sua frente.
- As variáveis podem assumir valores nos seguintes intervalos:

$$0 \leq x \leq 200$$

$$0 \leq y \leq 100$$

$$-180 \leq \varphi \leq 180$$

$$-30 \leq \theta \leq 30$$

$$0 \leq dist \leq 200$$

- Valores positivos de θ representam rotações da direção no sentido horário e negativo no sentido anti-horário.
- A resolução de θ e φ pode ser 1 grau e de x igual a 0.1.
- Equações simples representam o movimento do robô entre cada passo da simulação. Caso o robô tenha se movido para frente da posição (x, y) para (x', y') em uma iteração, podemos descrever este movimento pelas seguintes equações:

$$\varphi' = \varphi - \theta$$

$$x' = x + r \cos(\varphi')$$

$$y' = y + r \sin(\varphi')$$

- A cada iteração são fornecidos os valores $dist$ e φ e como resultado obtém-se θ . A partir deste valor é obtido o próximo estado do sistema. Nestas equações, r corresponde à distância fixa que o robô anda em todos os movimentos para frente, em cada passo da simulação.
- As variáveis de entrada são o ângulo do robô com a horizontal (φ) e a distância até o obstáculo ($dist$). A variável de saída é o ângulo do volante θ .

- O programa deve parar quando o robô chega na coordenada $x = 200$. Não interessa o ângulo ou a coordenada y .

1.3 Resultados desejados em [1]:

- Fazer o número de obstáculos deve variar entre 0 e 5.
- Definir em quantos conjuntos nebulosos cada uma das variáveis (entrada e saída) deverá ser dividida e definir a semântica de cada um destes conjuntos (forma e intervalo).
- Definir regras nebulosas que façam o robô avançar.
- Produzir gráficos que ilustrem todas estas etapas.
- Produzir um relatório que mostre o trabalho.

1.4 Resultados desejados neste trabalho:

- Avaliar a resistência do controlador fuzzy a retirada de regras.
- Descobrir como o controlador do robot se comporta quanto a retirada de regras.
- Produzir um relatório que mostre o trabalho.

2 Descrição da solução [1]:

2.1 Definição dos conjuntos nebulosos e regras:

Os conjuntos nebulosos foram definidos em função da distância entre o *robot* e os obstáculos e do ângulo entre o *robot* e a horizontal (ângulo 0). Quanto mais perto do obstáculo ou maior o desvio da horizontal maior será o ângulo de saída.

Os conjuntos e as regras estão detalhados no item 3.

2.2 Definição do radar:

Um obstáculo é detectado pelo radar se estiver entre as retas tangentes ao círculo que circunda o *robot* na direção da seta de direção. Para tal foi utilizada a matriz de rotação $mrot$ projetando os obstáculos e o radar para o eixo horizontal.

$$mrot = \begin{bmatrix} \cos(\text{thetarad}) & -\sin(\text{thetarad}) \\ \sin(\text{thetarad}) & \cos(\text{thetarad}) \end{bmatrix}$$

3 Descrição dos conjuntos nebulosos e regras

A definição dos conjuntos nebulosos está descrita no arquivo *robot.fis*, definido usando o software Matlab [2] com as definições de [3], conforme ilustrado na figura 2.

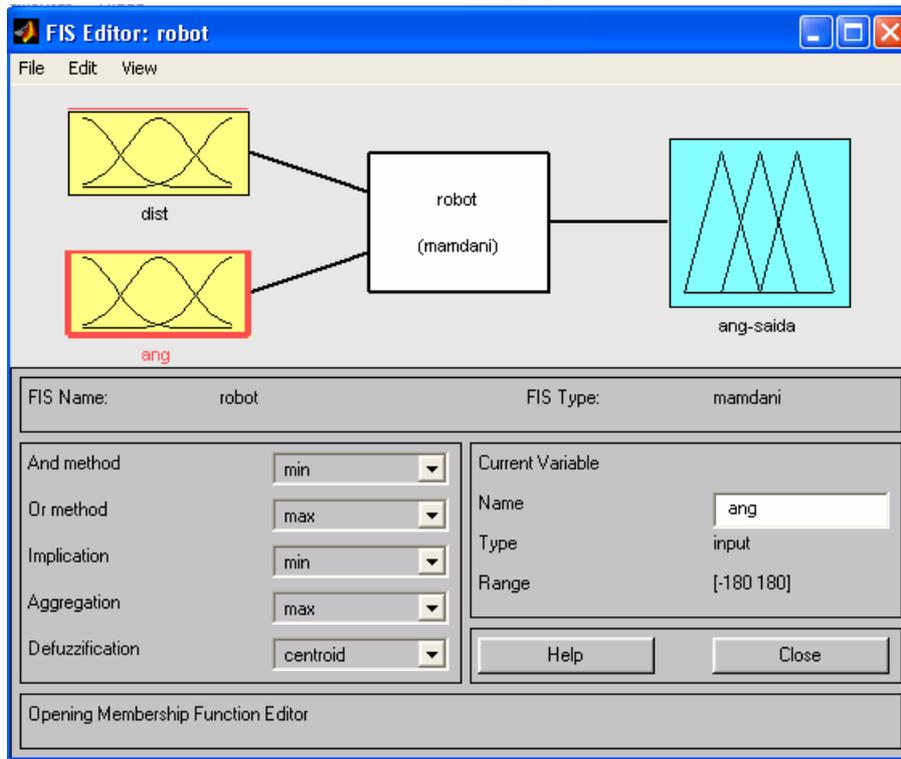


Figura 2 - Descrição do Robot

3.1 Conjuntos de entrada:

3.1.1 Variável φ (representada por *ang*):

Está dividida em 7 conjuntos no intervalo (-180,180) ilustrados na Figura 3 e descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Variável φ

<i>Identificação</i>	<i>Forma</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Pico</i>
RETO	triângulo	-60 a +60	0
DIREITA	triângulo	-120 a 0	-60
ESQUERDA	triângulo	0 a +120	+60
MUITO-DIREITA	triângulo	-180 a +60	+120
MUITO-ESQUERDA	triângulo	+60 a + 180	120
REVERSO-DIR	triângulo	-180 a -120	-180
REVERSO-ESQ	triângulo	+120 a +180	+180

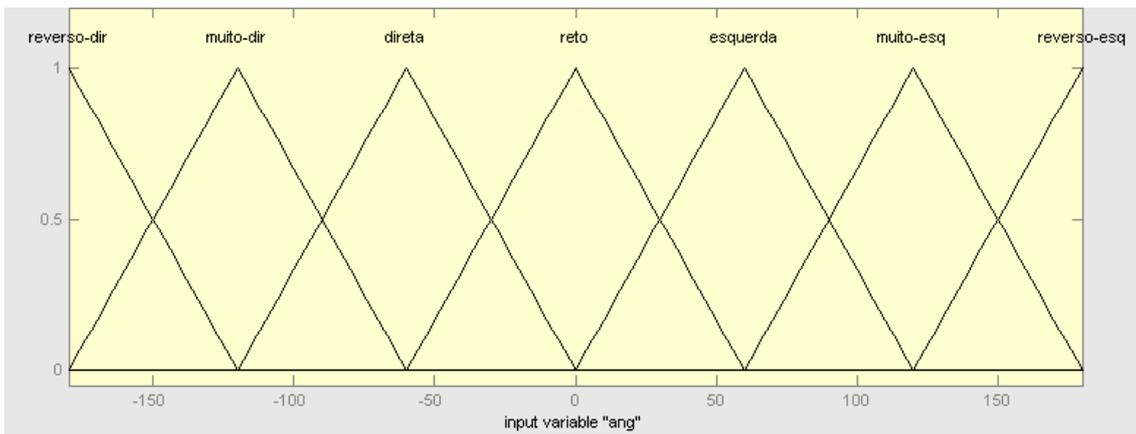


Figura 3 - Conjuntos nebulosos para a variável *ang*

3.1.2 Variável *dist*:

Está dividida em 5 conjuntos no intervalo (0,200) ilustrados na Figura 4 e descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Variável *dist*

<i>Identificação</i>	<i>Forma</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Pico</i>
PERIGO	triângulo	0 a 20	0
MUITO PERTO	triângulo	10 a 50	30
PERTO	triângulo	40 a 80	60
DISTANTE	triângulo	60 a 140	100
MUITO-DISTANTE	triângulo	100 a 200	150

- 1º conjunto: PERIGO
 forma: triângulo
 intervalo: 0 a 20
 pico: 0
- 2º conjunto: MUITO PERTO
 forma: triângulo
 intervalo: 10 a 50
 pico: 30
- 3º conjunto: PERTO
 forma: triângulo
 intervalo: 40 a 80
 pico: 60
- 4º conjunto: DISTANTE
 forma: triângulo

intervalo: 60 a 140

pico: 100

- 5º conjunto: MUITO-DISTANTE

forma: triângulo

intervalo: 100 a 200

pico: 150

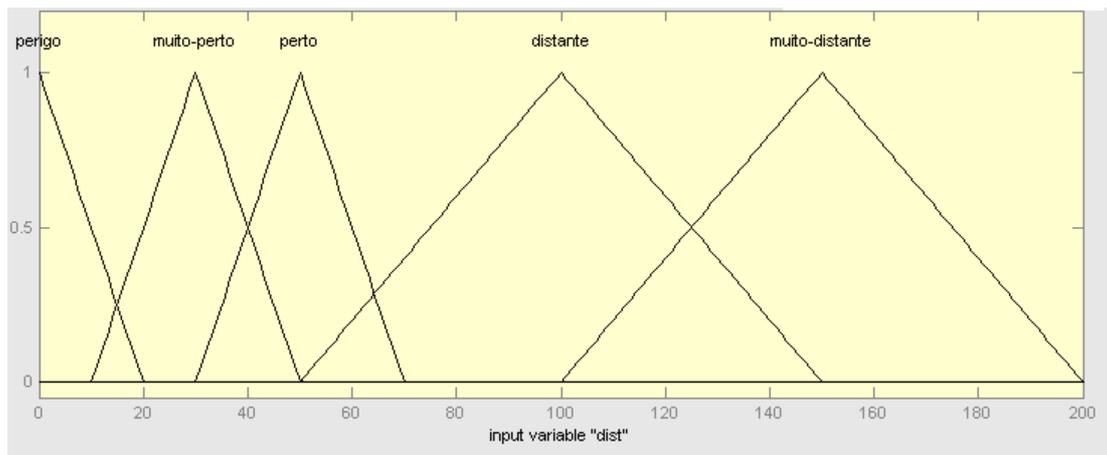


Figura 4 - Conjuntos nebulosos para a variável *dist*

3.2 Conjunto de saída:

3.2.1 Variável θ (representada por *ang-saida*):

Está dividida em 5 conjuntos no intervalo (-30,30).

Tabela 3 - Variável *ang-saida*

<i>Identificação</i>	<i>Forma</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Pico</i>
RETO	Triângulo	-15 a 15	0
VIRA-DIR	Triângulo	-30 a 0	-15
VIRA-ESQ	Triângulo	0 a 30	15
VIRA-MUITO-DIR	Triângulo	-45 a -30	-38
VIRA-MUITO-ESQ	Triângulo	30 a 45	38

- 1º conjunto: RETO
forma: triângulo
intervalo: -15 a +15
pico: 0
- 2º conjunto: VIRA-DIR

forma: triângulo
intervalo: -30 a 0
pico: -15

- 3º conjunto: VIRA-ESQ
forma: triângulo
intervalo: 0 a 30
pico: 15
- 4º conjunto: VIRA-MUITO-DIR
forma: triângulo
intervalo: -45 a -30
pico: -38
- 5º conjunto: VIRA-MUITO-ESQ
forma: triângulo
intervalo: 30 a 45
pico: 38

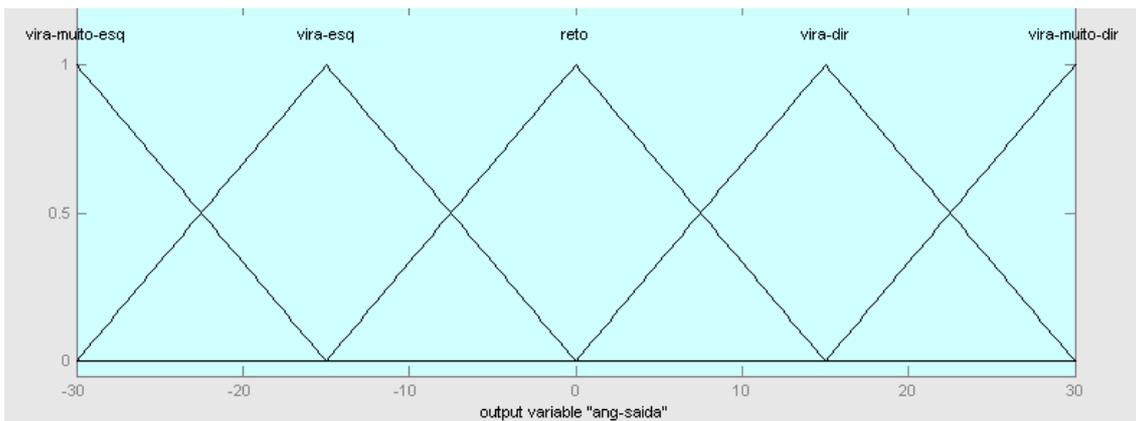


Figura 5 - Conjuntos nebulosos para a variável *ang-saída*

3.3 Descrição das regras

Foram definidas 35 regras como resultado da combinação de todas as entradas possíveis [1]. As regras têm a tendência de equilibrar o robot na posição horizontal quando não há obstáculos, Quando a variável *dist* é alta, media ou baixa, as regras tem a tendência a desviar o robot para a direita. As regras também tentam desviar para a esquerda em caso de perigo (*dist* muito baixo). A tabela 4 mostra as regras existentes no controlador fuzzy.

Tabela 4 – Tabela de regras

<i>Entradas</i>		<i>Saída</i>	
Número da regra	Variável <i>dist</i>	Variável φ	Variável θ
1	muito-distante	reverso-esq	vira-muito-dir
2	muito-distante	muito-esq	vira-muito-dir
3	muito-distante	esquerda	vira-dir
4	muito-distante	reto	reto
5	muito-distante	direita	vira-esq
6	muito-distante	muito-dir	vira-muito-esq
7	muito-distante	reverso-dir	vira-muito-esq
8	distante	reverso-esq	vira-muito-dir
9	distante	muito-esq	vira-muito-dir
10	distante	esquerda	vira-dir
11	distante	reto	reto
12	distante	direita	vira-esq
13	distante	muito-dir	vira-muito-esq
14	distante	reverso-dir	vira-muito-esq
15	perto	reverso-esq	vira-muito-dir
16	perto	muito-esq	vira-muito-dir
17	perto	esquerda	vira-dir
18	perto	reto	vira-dir
19	perto	direita	reto
20	perto	muito-dir	vira-muito-esq
21	perto	reverso-dir	vira-muito-esq
22	muito-perto	reverso-esq	vira-muito-dir
23	muito-perto	muito-esq	vira-muito-dir
24	muito-perto	esquerda	vira-dir
25	muito-perto	reto	vira-muito-dir
26	muito-perto	direita	reto
27	muito-perto	muito-dir	vira-muito-esq
28	muito-perto	reverso-dir	vira-muito-esq
29	perigo	reverso-esq	vira-esq
30	perigo	muito-esq	vira-esq
31	perigo	esquerda	vira-esq
32	perigo	reto	vira-muito-esq
33	perigo	direita	vira-muito-esq
34	perigo	muito-dir	vira-muito-esq
35	perigo	reverso-dir	vira-muito-esq

Adicionalmente, foram criadas 5 regras adicionais com o intuito de criar o passo adaptativo. Mais informações sobre o passo adaptativo podem ser encontradas em [1]. Durante a retirada de regras, as regras que definem o passo adaptativo não foram modificadas ou retiradas.

4 A retirada de regras:

O funcionamento do robot é bom, segundo se percebe em relatório anterior [1]. Sabe-se, no entanto, que um controlador fuzzy pode ser imune, até certo ponto, à retirada algumas regras definidas na seção 3.3 e na tabela 4..

Os testes de retirada de regras poderão avaliar a real necessidade de 35 regras no sistema nebuloso. Dessa forma, propõe-se um teste que executa a retirada de regras de forma seqüencial, fazendo 30 testes com menos uma regra, 30 com menos duas regras e assim por diante, até que sejam retiradas 25 regras das 35 existentes.

Os testes utilizaram um número de obstáculos igual a 3 e igual a 5, a retirada de regras é feita de forma aleatória. Como percebeu-se em [1], o controlador pode fazer com que o robot fique preso, repetindo alguma seqüência de movimentos. Para evitar que isto seja um problema definiu-se como 30 segundos o tempo limite para o sucesso da simulação, sendo considerado fracasso a partir disso.

A retirada de regras possui variados efeitos no comportamento do robot: Podemos dividir as regras deste controlador nebuloso, suas razões e os efeitos da retirada parcial e total segundo a tabela 4:

As regras de 1 a 7 atuam quando o robot está muito distante de algum obstáculo, fazendo o alinhamento do mesmo com a horizontal. A retirada dessa regras dificulta este processo, podendo fazer o robot colidir com os limitadores superiores ou inferiores.

As regras de 8 a 14 permitem o realinhamento quando há algum obstáculo distante, sendo que sua retirada pode causar efeito semelhante aos das regras 1 a 7. As regras de 8 a 14 também servem para alinhar o robot quando o mesmo passa por algum obstáculo.

As regras de 15 a 21 possibilitam que o robot desvie para a direita quando há algum obstáculo perto. A ausência dessas regras dificulta ou impossibilita esta virada.

As regras de 22 a 28 possibilitam que o robot desvie muito para a direita quando há algum obstáculo muito perto. A ausência dessas regras dificulta ou impossibilita esta virada mais brusca.

As regras de 29 a 35 são de suma importância pois neste caso o robot já possivelmente terá tentado desviar para direita e não foi possível. O controlador foi projetado [1] para tentar desviar inicialmente para a direita e depois para a esquerda. A ausência destas regras fará o robot colidir com o obstáculo sem qualquer tentativa de desvio.

Tabela 5 – Tabela impacto e utilidade das regras

<i>Regras</i>	<i>Atuação</i>	<i>Utilidade</i>	<i>remoção Parcial</i>	<i>remoção total</i>
1 a 7	Muito distante	Alinhar o robot na horizontal	Demora para se alinhar com a horizontal	Não se alinha com a vertical
8 a 14	Distante	Alinhar o robot na horizontal	Pode não conseguir alinhar-se após desvio de obstáculo	Não se alinha após desvio com obstáculo
15 a 21	Perto	Desviar para direita para passar obstáculo.	Desvia pouco para a direita.	Não tenta desviar do obstáculo.
22 a 28	Muito perto	Desviar muito para a direita do obstáculo.	Desvia pouco para a direita.	Não tenta desviar do obstáculo.
29 a 35	Perigo	Desviar muito para a esquerda do obstáculo.	Desvia pouco para a esquerda.	Não tenta desviar do obstáculo.

Conforme se mostra na tabela 5, a retirada de regras não pode ser estritamente feita em apenas uma parte, pois isso causaria mau funcionamento mesmo com a retirada de apenas 3 ou 4 regras. No entanto, a retirada de 2 regras de cada conjunto mostrado na tabela 3 pode não influenciar muito no resultado geral.

As tabela 6 e 7, no anexo deste trabalho, mostram os resultados do teste de retirada de regras para 3 e 5 obstáculos, onde **FT** significa falha por tempo limite, **FC** significa falha por colisão e **S** sucesso. Foram feitas 30 simulações para cada número específico de regras a serem retiradas, começando com todas as regras e terminando com menos 25 regras, um total de 780 simulações para 3 e 780 simulações para 5 obstáculos.

A figura 6 mostra um gráfico indicando o número de sucessos do controlador com três obstáculos em função do número de regras retiradas aleatoriamente.

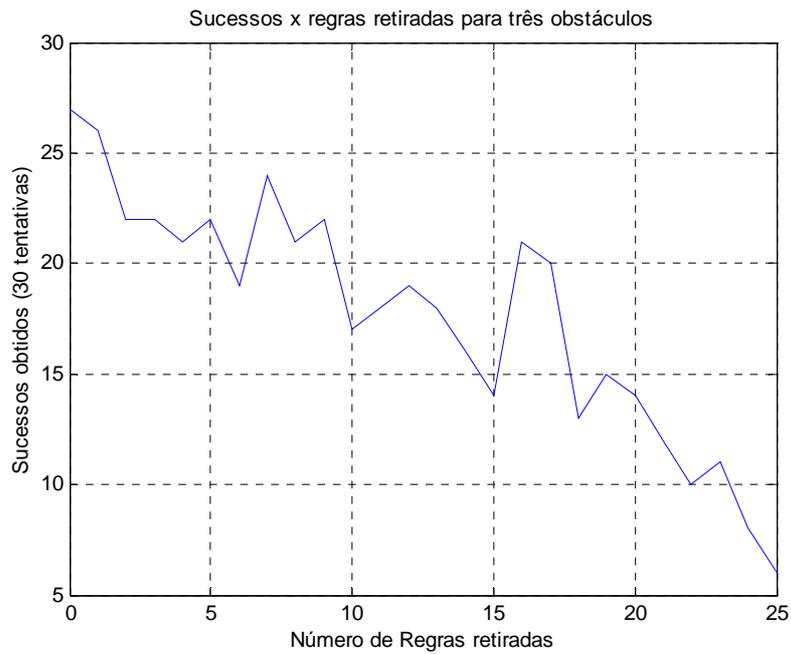


Figura 6 – gráfico da variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas com três obstáculos (30 tentativas).

A tabela 7, no anexo deste trabalho, mostra os mesmos resultados para 5 obstáculos, e de forma idêntica, a figura 7 mostra a variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas.

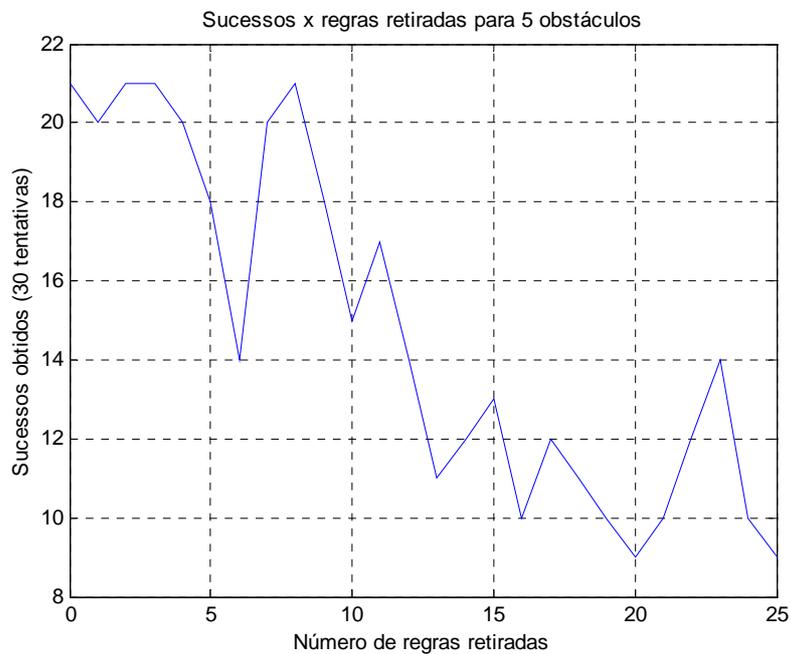


Figura 7 – gráfico da variação do número de sucessos obtidos pelo número de regras retiradas em cinco obstáculos (30 tentativas).

5 Conclusões:

Segundo se percebe pelos gráficos nas figuras 6 e 7, existe uma grande resistência no funcionamento do controlador quanto à retirada de regras. O funcionamento geral do robot não se modifica consideravelmente até a retirada de 5 regras.

Quando o problema possui apenas 3 obstáculos, a retirada de 10 regras é possível sem degradação do sistema. Mas quando o problema se torna mais complexo, a retirada de 10 regras pode causar uma baixa performance, pois isso inibe ajustes finos necessários para o desvio e solução de problemas mais complexos.

A retirada de mais regras do sistema não é recomendada. O controlador perde o seu equilíbrio e a capacidade de tentar desviar para os dois lados, esquerdo e direito, podendo inclusive colidir com as laterais, o que muito raramente ocorre com todas as regras atuando.

Caso o ajuste no número de regras seja crítico, como por exemplo, na implementação deste sistema fuzzy em um micro-controlador, é possível avaliar o número de funções de pertinência em cada variável fuzzy, bem como a retirada de regras de forma uniforme nos grupos definidos pela tabela 3. Caso isso seja efetuado, pode ser possível manter o robot funcionando com apenas 15 a 20 regras.

6 Referências:

[1] Moutinho, Adriano Martins; Markezon, Simone. Megaman nebuloso. Trabalho de fim de curso de inteligência computacional 2003, professor Adriano Joaquim de Oliveira Cruz. Núcleo de computação eletrônica, UFRJ.

[2] Matlab software, versão 6.0.0.8. mathworks inc. www.mathworks.com.

[3] Matlab fuzzy toolbox. www.mathworks.com. Lotfi A. Zadeh. Berkeley, CA, January 10, 1995.

7 Anexos:

Seguem-se as tabelas mostrando os resultados de todas as tentativas de retirada de regras efetuadas neste trabalho:

Tabela 6 – Sucessos e fracassos com três obstáculos onde FT -> Fracasso por tempo, FC -> Fracasso por colisão e S-> sucesso.

Regras retiradas	Número da Tentativa																														Sucessos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
0	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FT	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	FC	S	S	S	27	
1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	FC	26
2	S	S	S	FT	S	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	S	S	FC	S	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	22
3	S	S	S	FT	FC	S	S	S	FT	S	FC	FC	S	S	S	FC	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	22
4	S	S	S	FC	S	FT	S	S	S	S	S	S	S	S	FT	S	FC	S	FC	S	S	FC	S	FC	FC	S	S	FT	S	S	21	
5	S	S	FT	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FT	S	S	S	S	FC	S	S	S	22	
6	S	FC	FC	S	S	S	S	S	FT	S	S	FC	FC	S	FT	FC	FC	S	S	S	FC	S	FC	S	S	S	S	FC	S	S	19	
7	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	FT	S	FC	S	S	S	S	S	S	FC	S	24
8	S	FC	S	FC	S	S	S	S	FC	S	S	FC	S	S	S	FC	S	S	S	FC	S	S	FC	S	S	S	FC	FT	S	S	21	
9	S	FC	S	FC	S	FC	S	S	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	S	FT	S	S	S	S	FC	S	FC	S	FC	S	S	22	
10	S	FC	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	FC	FC	S	FC	FC	S	FC	S	S	FT	FC	S	S	FC	S	S	FC	FC	FT	17	
11	S	FC	S	FT	S	S	FC	S	S	S	FC	S	FC	FT	FC	S	S	S	FC	S	S	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	FC	18	
12	FC	S	S	FC	S	FC	S	S	FC	FC	S	S	FT	S	S	FC	FC	S	S	S	S	FC	FC	S	S	FC	S	S	S	S	19	
13	S	FC	S	S	FC	FT	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	FC	FT	18	
14	S	FC	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	S	S	S	FC	S	S	FT	S	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	S	S	S	S	16	
15	S	FC	S	FC	S	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	FC	S	S	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	14	
16	S	FC	FC	FC	S	FC	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	FC	21
17	S	FC	FC	S	FC	S	S	FC	S	FC	S	S	S	S	FC	FC	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	20
18	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	FC	FC	S	S	FC	S	S	13	
19	S	FC	S	FC	S	S	FC	S	S	FC	FC	S	FC	S	S	S	FC	S	FC	FC	FC	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FT	15	
20	FC	S	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	S	S	S	FC	FC	FT	S	FC	FC	FT	S	FC	14	
21	S	S	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	FT	FC	FC	FC	FC	FC	FC	S	FT	S	S	12	
22	S	FC	S	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	FC	S	FC	FT	S	FC	FC	FC	S	FC	FC	10										
23	S	S	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	FC	S	11	
24	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	S	S	FC	FC	S	FC	FC	FC	FC	FC	FC	8	
25	FC	FC	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	FT	FC	S	FC	S	6										

Tabela 7 – Sucessos e fracassos com três obstáculos onde FT -> Fracasso por tempo, FC -> Fracasso por colisão e S-> sucesso

Regras retiradas	Número da Tentativa																														Total de Sucessos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
0	S	FC	S	S	S	S	FT	S	S	S	FC	S	S	S	FC	S	S	FC	S	S	S	FC	S	S	S	FC	FC	S	FC	S	21	
1	FT	S	S	FC	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	FC	S	S	FT	FC	S	S	S	FC	FC	S	S	20	
2	S	FC	FC	S	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	S	FC	FT	S	FT	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	21	
3	FT	S	S	S	FC	FC	FT	S	S	S	S	S	S	S	FT	S	S	S	FT	S	S	FT	FT	S	FC	S	S	S	S	S	21	
4	S	S	FT	S	S	S	S	FT	FT	S	S	S	FT	FC	S	S	FT	S	S	S	S	S	FT	S	S	S	FT	S	FC	FT	20	
5	FT	FC	FT	S	FC	S	S	FC	S	FT	FT	S	S	S	FC	S	S	S	S	FC	S	S	S	S	S	FC	FC	FC	S	S	18	
6	S	S	FT	FC	S	FT	FC	FC	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	S	FC	FC	S	S	FT	FC	FT	FC	FC	S	FT	S	14		
7	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	FC	FT	FC	FC	FC	S	FT	S	S	S	S	FC	20	
8	FC	S	S	S	S	FC	S	S	FC	S	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	S	S	FT	S	S	S	S	S	S	S	21	
9	S	S	S	S	FC	FC	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	FC	FC	FT	S	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FC	18	
10	S	FC	S	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	FT	FT	FC	S	S	S	FC	FT	S	FC	FC	S	FC	S	FC	S	S	FC	FC	15	
11	S	FC	FC	FC	FC	FC	FC	S	S	S	FT	S	FC	S	S	FC	S	S	S	S	FC	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	S	17	
12	S	S	FC	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	FC	FT	FC	FC	FC	FC	FC	FT	S	S	FC	S	S	FC	S	S	S	FC	S	14	
13	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	FT	S	S	FT	FC	FC	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	FC	S	11	
14	FT	S	S	FC	S	FT	S	S	S	FC	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	12	
15	S	FT	FC	FT	FC	FC	FT	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	S	FC	S	S	S	S	S	S	S	FC	S	FC	FC	FT	13	
16	S	FC	S	FC	S	S	FC	FC	S	FT	FC	S	FC	S	FC	S	FT	FC	S	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	FC	FC	FC	FT	10	
17	S	S	S	FC	S	FC	FT	FC	FC	FC	FT	S	FC	FC	S	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	S	FT	S	S	FC	FT	FC	S	12	
18	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	FC	FT	FC	S	FC	S	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FT	11	
19	FC	FC	S	S	FC	S	S	S	S	FC	FC	FC	S	FC	FC	FT	FC	FC	FC	FC	FC	S	FC	FT	FC	FC	S	S	FC	FC	10	
20	FT	FT	FC	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FT	FC	FC	FC	FC	S	FC	S	FC	FC	S	S	9	
21	FT	S	S	FC	FC	S	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	FC	FC	10							
22	FC	FC	FC	S	FT	FC	FC	S	FC	FC	FC	S	S	S	FT	FC	FC	S	S	FC	FC	S	S	S	FC	FC	FC	FT	S	S	12	
23	FC	S	FC	S	FC	S	FC	S	S	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	S	S	S	FT	FC	FC	S	S	FC	FC	FC	S	FC	S	14	
24	FC	S	FC	FT	FC	FC	S	FC	FC	S	S	FC	S	FC	S	FC	FC	FC	FC	FC	FC	S	S	FC	FT	FC	FC	S	S	FC	10	
25	FC	FC	FC	FC	S	S	S	S	FC	S	FC	FC	S	FC	FC	FC	S	FC	S	FC	S	FC	S	FC	FC	9						