

**Dinâmicas Emergentes na Família de Memórias  
Associativas Bidirecionais Caóticas e sua  
Habilidade para Saltar Passos**

Luciana Pavani de Paula Bueno

Tese apresentada à Escola de Engenharia de  
São Carlos da Universidade de São Paulo,  
como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Doutor em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Aluizio Fausto Ribeiro Araújo

São Carlos  
2006



*Àquele que é poderoso para vos guardar de tropeços e para vos apresentar com exultação, imaculados diante da sua glória, ao único Deus, nosso Salvador, mediante Jesus Cristo, Senhor nosso, glória, majestade, império e soberania, antes de todas as eras, e agora, e por todos os séculos. Amém.*

Judas 24-25

## Agradecimentos

---

- Ao Prof. Dr. Aluizio Fausto Ribeiro Araújo, pelo tratamento amigo, pela dedicação, pelas sugestões e pelo incentivo durante toda a orientação deste trabalho;
- Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica - EESC/USP, pelo conhecimento, atenção e apoio recebidos;
- À Profa. Dra. Maria Eunice Quilici Gonzales, pelo encorajamento para realização do trabalho de doutorado;
- Aos meus pais, João Manoel e Guiomar, pelo amor, apoio e auxílio incondicionais;
- À minha família, por todo o apoio;
- Ao Cleber Zanchettin, pelo carinho, incentivo e companheirismo;
- Aos amigos preciosos da 1ª IPI de São José do Rio Preto e da 1ª e 2ª IPI de Recife, pela confiança, apoio e carinho;
- Aos amigos do LASI, Guilherme, Aline, Karla, José Carlos, Arthur, e de outros laboratórios, Kátia, Patrícia, Renata, Ricardo, Augusto, João Bosco, Natache, Alessandra, Edmárcio, Delbem, Mário, e todos os outros que não foram aqui mencionados, pela convivência enriquecedora, pelo apoio e pelos momentos de diversão;
- Ao Centro de Informática (CIn) da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio recebido durante o período em que lá estive realizando trabalhos com o Prof. Dr. Aluizio F. R. Araújo;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro fornecido para a realização deste trabalho.

# Sumário

<b>Sumário</b>	<b>iii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>ix</b>
<b>Resumo</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>1</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivo</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Contribuições desta Tese</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Organização Geral deste Documento</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 2</b>	<b>7</b>
<b>Caos: Ocorrência, Conceitos, Medidas, Controle e Presença em Redes Neurais Artificiais</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Caos em Sistemas Naturais e Artificiais</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Fenômenos Caóticos</b>	<b>13</b>
2.2.1 Dimensões e Fractais	13
2.2.2 Atratores	16
2.2.3 Bifurcação e Rotas para o Caos	18
2.2.4 Medidas de Caos	20
<b>2.3 Papel do Caos em Redes Neurais Artificiais</b>	<b>24</b>

<b>2.4</b>	<b>Controle de Caos</b>	<b>27</b>
2.4.1	O Controle de Caos	27
2.4.2	Como Controlar o Caos	28
2.4.2.1	Controlando um Processo Caótico para Melhorar seu Desempenho (Meta 1)	28
2.4.2.2	Controlando um Processo Caótico para um Estado Desejado (Meta 2)	29
2.4.2.3	Controlando um Processo Caótico para Prevenir uma Região Indesejável no Espaço de Fase (Meta 3)	31
<b>2.5</b>	<b>Resumo</b>	<b>32</b>
<b>Capítulo 3</b>		<b>33</b>
<b>Caos, Modelos Auto-associativos Caóticos e Fenômeno Saltar Passos: Fundamentos 33</b>		
<b>3.1</b>	<b>Caos em Modelos Auto-associativos</b>	<b>34</b>
3.1.1	Modelo Neurônio Caótico	34
3.1.2	Aplicação do Modelo Neurônio Caótico em Memórias Auto-associativas	39
<b>3.2</b>	<b>Controle de Caos para Modelos Auto-associativos</b>	<b>43</b>
<b>3.3</b>	<b>Saltar Passos Transforma um Noviço em um Especialista</b>	<b>46</b>
3.3.1	Caracterização do Saltar Passos	46
3.3.2	Explicações do Saltar Passos	48
3.3.3	Discussões sobre o Saltar Passos	51
<b>3.4</b>	<b>Resumo</b>	<b>54</b>
<b>Capítulo 4</b>		<b>56</b>
<b>Família de Modelos de Memória Associativa Bidirecional Caótica (Família C-BAM)</b>		
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>Modelos Originais de Memória Associativa Bidirecional</b>	<b>58</b>
4.1.1	Modelo Memória Associativa Bidirecional Discreto (BAM)	58
4.1.2	Modelo Memória Associativa Bidirecional Discreto com Atraso	61
4.1.3	Modelo Memória Associativa Bidirecional Discreto Exponencial	62
<b>4.2</b>	<b>Modelos de Memória Associativa Bidirecional Caótica (C-BAM)</b>	<b>63</b>
4.2.1	Diferenças entre BAM e C-BAM	63
4.2.2	C-BAM	66
4.2.3	C-BAM com atraso	67
4.2.4	C-eBAM	68
<b>4.3</b>	<b>Resumo</b>	<b>68</b>
<b>Capítulo 5</b>		<b>70</b>
<b>Experimentos com a Família de Modelos de Memória Associativa Bidirecional Caótica</b>		
<b>5.1</b>	<b>Comportamentos Dinâmicos da Família C-BAM</b>	<b>71</b>
5.1.1	Planejamento de Experimentos	71
5.1.2	Comportamentos Emergentes na Família C-BAM	74
<b>5.2</b>	<b>Expoentes de Lyapunov</b>	<b>82</b>
5.2.1	Expoentes de Lyapunov na Família C-BAM	85
<b>5.3</b>	<b>Recuperação de Memórias Não Acessíveis</b>	<b>91</b>

<b>5.4</b>	<b>Modelagem do Fenômeno Saltar Passos</b>	<b>95</b>
5.4.1	Representação	96
5.4.2	Testes	99
<b>5.5</b>	<b>Resumo</b>	<b>107</b>
<b>Capítulo 6</b>		<b>109</b>
<b>Controle de Caos na Família C-BAM</b>		
<b>6.1</b>	<b>Controle de Caos para a Recuperação de Memórias Inacessíveis</b>	<b>110</b>
6.1.1	Controle de Caos para a Rede C-BAM	111
6.1.2	Controle de Caos para a Rede C-BAM com atraso	114
6.1.3	Controle de Caos para a Rede C-eBAM	116
6.1.4	Discussão da Estratégia de Controle de Caos Proposta para a Recuperação de Memórias Inacessíveis na Família C-BAM	118
<b>6.2</b>	<b>Controle de Caos para o Fenômeno Saltar Passos</b>	<b>119</b>
6.2.1	Método de Controle por Pinagem	122
6.2.2	Método de Controle Adaptativo	124
6.2.2.1	Modelos da Planta Controlada	125
6.2.2.2	Sistema Adaptativo Modelo-Referência (MRAS)	127
6.2.2.3	A Regra MIT	128
6.2.2.4	Controle de Caos da Rede C-BAM com o Esquema Adaptativo MRAS	130
6.2.2.5	Discussão da Estratégia de Controle de Caos Proposta para a Modelagem do Fenômeno Saltar Passos	134
<b>6.3</b>	<b>Resumo</b>	<b>135</b>
<b>Capítulo 7</b>		<b>137</b>
<b>Conclusões e Trabalhos Futuros</b>		
<b>7.1</b>	<b>Desenvolvimento e Limitação da Família C-BAM</b>	<b>137</b>
<b>7.2</b>	<b>Resumo das Contribuições Científicas da Tese</b>	<b>142</b>
<b>7.3</b>	<b>Propostas para Novos Trabalhos</b>	<b>144</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>		<b>147</b>
<b>Apêndice A</b>		<b>156</b>
<b>Experimento Fatorial</b>		
<b>A.1.</b>	<b>Experimentos Fatoriais</b>	<b>156</b>
<b>A.2.</b>	<b>Aplicação de Experimentos Fatoriais</b>	<b>160</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura 2.1.</b> Ilustração do experimento realizado por Shaw (1984).	10
<b>Figura 2.2.</b> Esquema da rede neural artificial apresentada por Wang (1991).	11
<b>Figura 2.3.</b> Diagrama de bifurcação do neurônio $x$ da rede de Wang (1991), com a matriz de pesos da Equação 2.3.	12
<b>Figura 2.4.</b> Diagrama de bifurcação do neurônio $y$ da rede de Wang (1991), com a matriz de pesos da Equação 2.3.	12
<b>Figura 2.5.</b> Ilustração do conjunto de Cantor.	14
<b>Figura 2.6.</b> Ilustração da aplicação da dimensão fractal para o conjunto de Cantor.	15
<b>Figura 2.7.</b> Diagrama de bifurcação mostrando as mudanças qualitativas na resposta de um sistema dinâmico devido à variação do parâmetro $m$ no mapa logístico $x_{k+1} = m x_k (1-x_k)$ . O sistema converge para zero, para um valor constante, para valores periódicos depois de bifurcações até atingir o caos dependendo do valor de $m$ .	19
<b>Figura 2.8.</b> Ilustração da divergência de duas órbitas vizinhas. A dinâmica caótica leva duas curvas inicialmente próximas a distanciarem-se.	21
<b>Figura 3.1.</b> Modelo do neurônio caótico como um elemento da rede neural caótica.	37
<b>Figura 3.2.</b> Padrões armazenados utilizados nos testes com a rede neural auto-associativa contendo neurônios caóticos.	40
<b>Figura 3.3.</b> Exemplo de seqüência de padrões de saída da rede de memória auto-associativa caótica, com capacidade de refração relativamente fraca, em que $k_r=0.5$ , $k_f=0.15$ , $r=8.0$ e $a_i=2.0$ ( $i=1,\dots,100$ ).	41
<b>Figura 3.4.</b> Exemplo de seqüência de padrões de saída da rede de memória auto-associativa caótica, com capacidade de refração alta, em que $k_r=0.8$ , $k_f=0.2$ , $r=8.0$ e $a_i=2.0$ ( $i=1,\dots,100$ ). O padrão inicial selecionado é o padrão armazenado $X^3$ , da Figura 3.2.	42
<b>Figura 4.1.</b> Topologia do modelo BAM.	58
<b>Figura 4.2.</b> Representação do $i$ -ésimo neurônio da rede BAM original.	64
<b>Figura 4.3.</b> Representação do $i$ -ésimo neurônio da rede C-BAM.	64
<b>Figura 4.4.</b> Influência do tempo na força de refração da rede C-BAM.	65
<b>Figura 4.5.</b> Representação da neurodinâmica caótica da rede C-BAM. O ponto central representa um ponto fixo. O parâmetro $k_f$ representa o efeito de estabilização devido às entradas de realimentação da rede. O parâmetro $k_r$ representa o efeito de desestabilização devido à refração ou à inibição auto-recorrente.	65
<b>Figura 4.6.</b> Arquitetura C-BAM. A atividade na unidade de entrada $i$ é determinada por $x_i(t)$ , e a atividade na unidade de saída $j$ é determinada por $y_j(t)$ .	66
<b>Figura 5.1.</b> Pares de padrões armazenados $(X^k, Y^k)$ , $k=1,\dots,4$ , usados nos experimentos com a família C-BAM.	74
<b>Figura 5.2.</b> Distância Hamming ( $dH$ ) para C-BAM, em que $k_r=0.85$ , $k_f=0.2$ , $r=8.0$ e $a=2.0$ . Para o cálculo da distância Hamming entre o padrão de saída e o padrão armazenado ( $dH(Y(t), Y^k)$ ) foi considerada a diferença entre os bits da seqüência numérica da saída da rede no tempo $t$ ( $Y(t)$ ) e o padrão $Y^k$ armazenado ( $k=1,\dots,4$ ). A cada bit diferente entre $Y(t)$ e $Y^k$ (neurônio a neurônio da rede), foi adicionado o valor um na $dH$ entre eles.	76



- Figura 5.3.** Distância Hamming para C-BAM com atraso, em que  $k_r=0.8, k_f=0.15, \mathbf{r}=8.0, a=2.0$  e  $\mathbf{s}=5$ . 76
- Figura 5.4.** Distância Hamming para C-eBAM, em que  $k_r=0.9, k_f=0.2, \mathbf{r}=10.0, a=2.0$  e  $\mathbf{b}=1.3$ . 77
- Figura 5.5.** Seqüência de pares recuperados na C-BAM:  $(\mathbf{X}^3, \mathbf{Y}^1)$  e  $(\mathbf{X}^1, \mathbf{Y}^3)$ . Período 2 ocorre do instante  $t=7$  em diante (até  $t=30$  nesta figura). Valores de parâmetros utilizados:  $k_r=0.2, k_f=0.15, \mathbf{r}=8.0$ , e  $a=2.0$ . 78
- Figura 5.6.** Seqüência de pares recuperados na C-BAM. À esquerda, na legenda, é mostrada a seqüência binária de pares de padrões recuperados pela rede (retângulos pretos representam valor 1, enquanto os brancos representam valor 0). À direita da figura, cada par binário recuperado é transformado em seu número decimal equivalente, representado pelos pontos. Pode ser notada a ocorrência de comportamento não periódico dentro do intervalo  $t=192$  a  $t=211$ . Valores de parâmetros utilizados:  $k_r=0.8, k_f=0.15, \mathbf{r}=8.0$ , e  $a=2.0$ . 79
- Figura 5.7.** Recuperação dos pares associados treinados na C-BAM com atraso para os parâmetros  $k_r=0.92, k_f=0.46, \mathbf{r}=4.0, a=2.0$  e  $\mathbf{s}=3$ . Neste caso, para o cálculo da distância Hamming,  $dH\{(\mathbf{X}(t), \mathbf{Y}(t)), (\mathbf{X}^k, \mathbf{Y}^k)\}$  foi considerada a diferença entre os bits da seqüência numérica binária do par associado encontrado no tempo  $t$   $(\mathbf{X}(t), \mathbf{Y}(t))$  e do par associado armazenado  $(\mathbf{X}^k, \mathbf{Y}^k)$ ,  $k=1, \dots, 4$ . A cada bit diferente entre  $(\mathbf{X}(t), \mathbf{Y}(t))$  e  $(\mathbf{X}^k, \mathbf{Y}^k)$ , foi adicionado o valor um na distância Hamming entre eles. 81
- Figura 5.8.** Limites entre comportamentos periódicos e caóticos de cada rede da família C-BAM, de acordo com o aumento do parâmetro  $k_r$ . Os outros parâmetros foram mantidos fixos em  $k_f=0.3, \mathbf{r}=9.0, a=2.0, \mathbf{s}=5$  (para C-BAM com atraso) e  $\mathbf{b}=1.3$  (para C-eBAM). As barras pretas indicam comportamento periódico, enquanto as barras horizontais indicam comportamento caótico. 82
- Figura 5.9.** Os pares de vetores  $(\mathbf{X}^k, \mathbf{Y}^k)$ ,  $k=1, \dots, 4$ , usados nos experimentos com os modelos C-BAM. 93
- Figura 5.10.** Os quatros padrões utilizados na modelagem do saltar passos da equação algébrica  $-\mathbf{X}-\mathbf{A}=\mathbf{B}$ . 98
- Figura 5.11.** Os seis padrões armazenados utilizados na resolução da equação algébrica  $-\mathbf{A}/\mathbf{B}-\mathbf{X}=-\mathbf{C}$  para mostrar a modelagem do fenômeno saltar passos. 99
- Figura 5.12.** Distância Hamming entre os pares recuperados e o par  $(\mathbf{P}^1, \mathbf{P}^2)$  para  $k_r=k_f=\mathbf{r}=a=0$  e padrão inicial  $\mathbf{P}^1$ . Período um (ponto fixo) ocorreu do instante  $t=1$  em diante. 100
- Figura 5.13.** Distância Hamming entre os pares recuperados  $(\mathbf{X}(t), \mathbf{Y}(t))$  e o pares associados armazenados  $(\mathbf{P}^k, \mathbf{P}^{k+1})$ ,  $k=1, \dots, 5$ , para  $k_r=0.995, k_f=0.25, \mathbf{r}=8.0$  e  $a=3.0$ . Comportamento não periódico foi encontrado. 101
- Figura 5.14.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados da Figura 5.11 para  $k_r=0.9975, k_f=0.35, \mathbf{r}=9.0$  e  $a=4.0$ . 102
- Figura 5.15.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados para  $k_r=0.9974, k_f=0.35, \mathbf{r}=9.0$  e  $a=4.0$ . 103
- Figura 5.16.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados para  $k_r=0.9973, k_f=0.35, \mathbf{r}=9.0$  e  $a=4.0$ . 104
- Figura 5.17.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados para  $k_r=0.9972, k_f=0.35, \mathbf{r}=9.0$  e  $a=4.0$ . 104
- Figura 5.18.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados para  $k_r=0.998, k_f=0.7, \mathbf{r}=5.0$  e  $a=3.0$ . 105
- Figura 5.19.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados da Figura 5.10 para  $k_r=0.999, k_f=0.7, \mathbf{r}=5.0$  e  $a=3.0$ . 106
- Figura 6.1.** Esquema do método de controle aplicada na camada Y da rede C-BAM. 111
- Figura 6.2.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^1$ , no intervalo de tempo  $[0, 50]$ , para  $k_r=k_f=\mathbf{r}=a=0$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^3$ . Pode ser aqui verificado que, a partir do padrão inicial  $\mathbf{X}^3$ , a C-BAM sem caos não consegue recuperar o par associado  $\mathbf{Y}^3$ . Ao invés de  $\mathbf{Y}^3$  a rede recupera  $\mathbf{Y}^1$ . 112
- Figura 6.3.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^3$ , de  $t=0$  a 3000, para  $k_r=0.95, k_f=0.25, \mathbf{r}=10, a=4.0$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^3$ . 113
- Figura 6.4.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^3$ , de  $t=0$  a 50, para  $k_r=0.95, k_f=0.25, \mathbf{r}=10.0, a=4.0, K=20$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^3$ . 113
- Figura 6.5.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^1$ , de  $t=0$  a 3000, para  $k_r=0.95, k_f=0.45, \mathbf{r}=10.0, a=2.0$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^1$ . 114
- Figura 6.6.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^1$ , de  $t=0$  a 50, para  $k_r=0.95, k_f=0.45, \mathbf{r}=10.0, a=2.0, K=20$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^1$ . 114
- Figura 6.7.** Distância Hamming entre a saída da camada Y  $(\mathbf{Y}(t))$  da rede C-BAM com atraso e o padrão armazenado  $\mathbf{Y}^3$ , de  $t=0$  a 3000, para  $k_r=0.96, k_f=0.45, \mathbf{r}=9.0, a=2.0, \mathbf{s}=5$  e  $\mathbf{X}(t=0)=\mathbf{X}^3$ . 115

- Figura 6.8.** Distância Hamming entre a saída da camada  $Y$  ( $Y(t)$ ) da rede C-BAM com atraso e o padrão armazenado  $Y^3$ , de  $t = 0$  a 50, para  $k_r = 0.96$ ,  $k_f = 0.45$ ,  $r = 9.0$ ,  $a = 2.0$ ,  $s = 5$ ,  $K = 10$  e  $X(t=0) = X^3$ . \_\_\_\_\_ 116
- Figura 6.9.** Distância Hamming entre a saída da camada  $Y$  ( $Y(t)$ ) da rede C-eBAM e o padrão armazenado  $Y^3$ , de  $t = 0$  a 3000, para  $k_r = 0.9$ ,  $k_f = 0.45$ ,  $r = 8.0$ ,  $a = 2.0$ ,  $b = 1.3$  e  $X(t=0) = X^3$ . \_\_\_\_\_ 117
- Figura 6.10.** Distância Hamming entre a saída da camada  $Y$  ( $Y(t)$ ) da rede C-eBAM e o padrão armazenado  $Y^3$ , de  $t = 0$  a 50, para  $k_r = 0.9$ ,  $k_f = 0.45$ ,  $r = a = 0$ ,  $b = 1.3$ ,  $K = 10$  e  $X(t=0) = X^3$ . \_\_\_\_\_ 117
- Figura 6.11.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados na C-BAM para o conjunto de padrões da Figura 5.10 e  $k_r = 0.999$ ,  $k_f = 0.7$ ,  $r = 5.0$ ,  $a = 3.0$ . Pode ser notado que, após recuperar o par associado contendo o padrão final  $P^4$ , no instante  $t = 832$ , a rede continua transitando por outros pares armazenados, sem se estabilizar no padrão desejado. \_\_\_\_\_ 121
- Figura 6.12.** Seqüência de recuperação dos pares de padrões armazenados na C-BAM para o conjunto de padrões da Figura 5.11 e  $k_r = 0.9972$ ,  $k_f = 0.35$ ,  $r = 9.0$ ,  $a = 4.0$ . Pode ser notado que, após recuperar o par associado contendo o padrão final  $P^5$ , no instante  $t = 488$ , a rede continua transitando por outros pares armazenados, sem se estabilizar no padrão desejado. \_\_\_\_\_ 121
- Figura 6.13.** Distância Hamming entre a saída da camada  $Y$  ( $Y(t)$ ) da rede C-BAM e o padrão armazenado  $P^4$ , de  $t = 0$  a 50, para  $k_r = 0.9$ ,  $k_f = 0.7$ ,  $r = 5$ ,  $a = 3$ ,  $I = 2$ ,  $K = 3$  e padrão inicial  $P^1$ . \_\_\_\_\_ 123
- Figura 6.14.** Diagrama de bloco de um sistema adaptativo. \_\_\_\_\_ 126
- Figura 6.15.** Diagrama de bloco de um sistema adaptativo modelo-referência (MRAS). \_\_\_\_\_ 127
- Figura 6.16.** Diagrama de bloco do MRAS com um ajuste paramétrico baseado na Regra MIT. \_\_\_\_\_ 129
- Figura 6.17.** Controlador adaptativo discreto com diagrama de bloco usando transformada-z. \_\_\_\_\_ 131
- Figura 6.18.** Simulação de um MRAS para a rede C-BAM. A distância Hamming entre a saída do processo (linha contínua) e a saída do modelo (linha pontilhada) é ilustrada para  $k_f = 0.7$ ,  $k_r = 0.9$ ,  $r = 5$ ,  $a = 3$ , ganho de adaptação  $g = -2$ , padrão inicial  $P^1$  e  $y_m = P^4$ . \_\_\_\_\_ 132
- Figura 6.19.** Simulação de um MRAS para a rede C-BAM. A distância Hamming entre a saída do processo (linha contínua) e a saída do modelo (linha pontilhada) é ilustrada para  $k_f = 0.7$ ,  $k_r = 0.9$ ,  $r = 5$ ,  $a = 3$ , ganho de adaptação  $g = -3$ , padrão inicial  $P^1$  e  $y_m = P^4$ . \_\_\_\_\_ 132
- Figura 6.20.** Simulação de um MRAS para a rede C-BAM. A distância Hamming entre a saída do processo e a saída do modelo é ilustrada para  $k_f = 0.7$ ,  $k_r = 0.9$ ,  $r = 5$ ,  $a = 3$ ,  $g = -4$ , padrão inicial  $P^1$  e  $y_m = P^4$ . Foi verificado que a dinâmica da rede não se modifica ao utilizar-se  $g > -4$ . \_\_\_\_\_ 133
- Figura 6.21.** Simulação de um MRAS para a rede C-BAM. A distância Hamming entre a saída do processo e a saída do modelo é ilustrada para  $k_f = 0.7$ ,  $k_r = 0.9$ ,  $r = 5$ ,  $a = 3$ , ganho de adaptação  $g = -1$ , padrão inicial  $P^1$  e  $y_m = P^4$ . \_\_\_\_\_ 133
- Figura 6.22.** Simulação do MRAS para a rede C-BAM. A distância Hamming entre a saída do processo e a saída do modelo é ilustrada para  $k_f = 0.35$ ,  $k_r = 0.9$ ,  $r = 9$ ,  $a = 4$ ,  $y_m = P^5$  e ganho de adaptação  $g = -3$ . \_\_\_\_\_ 134

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

