

**Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**  
**Departamento de Engenharia de Computação e**  
**Sistemas Digitais**

ISSN 1413-215X

**BT/PCS/0201**

---

**A Teoria Nebulosa Aplicada a uma**  
**Bicicleta Ergométrica para**  
**Fisioterapia**

---

**Marco Antonio Garms**  
**Marco Túlio Carvalho de Andrade**

1275648

**São Paulo - 2002**

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Marco Antonio Garms, sob a orientação do Prof. Dr. Marco Túlio Carvalho de Andrade.: "A Teoria Nebulosa Aplicada a uma Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia", defendida em 24/08/01, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP.

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Garms, Marco Antonio

A teoria nebulosa aplicada a uma bicicleta ergométrica para fisioterapia / M.A. Garms, M.T.C. de Andrade. – São Paulo : EPUSP, 2002.

13 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, BT/PCS/0201)

1. Fuzzy 2. Fisioterapia 3. Terapia por exercício I. Andrade, Marco Túlio Carvalho de II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais III. Título IV. Série  
ISSN 1413-215X

CDD 511.322  
615.82  
615.824

# A Teoria Nebulosa Aplicada a uma Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia

Marco Antonio Garms & Marco Túlio Carvalho de Andrade

Laboratório de Técnicas Inteligentes – LTI  
Depto. de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Av. Professor Luciano Gualberto, travessa 3, n. 158, sala C2-48  
CEP: 05508-900; São Paulo – SP – Brasil  
marco.andrade@poli.usp.br

**Resumo:** Neste trabalho pretende-se apresentar o desenvolvimento de um Sistema constituído por uma “Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia”. Este sistema destina-se especialmente a pacientes com problemas de movimentação que necessitam de exercícios para evitar atrofia. No desenvolvimento do sistema foram utilizadas técnicas da Teoria Nebulosa.

**Palavras chaves:** Sistemas Nebulosos, Teoria Nebulosa, Fisioterapia, bicicleta ergométrica.

**Abstract:** In this work we present the development of a system that is a “Physiotherapy Bicycle”. This system was designed specifically for patients with problems in motion for which is necessary physical exercises to away atrophy. The development of the system was based in Fuzzy Theory techniques.

**Key words:** Fuzzy Systems, Fuzzy Theory, Physiotherapy, Physiotherapy bicycle.

## 1. INTRODUÇÃO

Muitos pacientes com problemas de movimentação necessitam de exercícios para evitar problemas de atrofia. Este tipo de fisioterapia pode utilizar uma bicicleta ergométrica sendo necessário o apoio de uma enfermeira para controlar a velocidade em função de diversos parâmetros, tais como condição física do paciente, esforço prescrito pelo médico e tempo do exercício.

Algumas particularidades devem ser previstas, como por exemplo: eventualmente, durante o exercício, podem ocorrer espasmos (a musculatura do paciente fica rígida, cessando o movimento), sendo que nesta situação deve-se inverter a rotação do motor, reiniciando o movimento de forma gradativa.

Portanto, um controlador, aplicado a esta bicicleta, será submetido a esforços muito variados, devido às diversas condições físicas dos pacientes e, além disto, será necessário programar uma resposta mais “forte” ou “fraca” de acordo com estas condições.

Para esta aplicação pretende-se considerar técnicas baseadas na Teoria Nebulosa, tanto para a construção do controlador como para avaliar o desempenho do paciente frente ao exercício realizado, adequando-os.

Em uma primeira versão comercial da bicicleta ergométrica para fisioterapia (BEF), desenvolvida anteriormente pelo autor, implementou-se as funcionalidades de velocidade, tratamento de espasmo, tempo de exercício ajustável, bem como do número de espasmos máximo, para um intervalo de tempo definido, que pudesse ocorrer sem que o exercício fosse interrompido.

Estabelecidas por indicação médica, estas características do exercício são controladas por profissionais da área de fisioterapia sendo básicas e oferecidas por produtos importados similares.

Na implementação daquela versão, fez-se uso de motor DC, controle de velocidade a SCR, programação em tempo real e comando por microcontrolador.

Como será discutido na seção 2.1 há uma realimentação negativa “natural” no motor DC que tende a corrigir sua velocidade de rotação. Entretanto, esta correção não é plena e a velocidade diminui com o aumento de carga. Por outro lado, como será visto na seção 2.1, com o controle a SCR utilizado o Sistema resultante é não linear.

Nestas condições, como indicado pela literatura, detectou-se a condição de evoluir este produto pela aplicação da lógica nebulosa para um melhor controle da velocidade. Como consequência, havia

também uma possibilidade vaga de pesquisar-se a introdução de novas funcionalidades a BEF.

Resultaram as funcionalidades adicionais e extremamente úteis de se ajustar reações gradativas, entre “fracas” e “fortes”, bem como a de se adequar o exercício às condições e ao desempenho do paciente.

## 2. CONTROLE DE VELOCIDADE PARA MOTOR DC

Será simulado um controle de velocidade para motor DC que emprega um circuito a SCR e um bloco Controlador Nebuloso (CN).

Contudo, é necessário antes modelar a planta formada pelo motor DC controlado por um circuito eletrônico com SCR, o que será feito na seção 2.1. O projeto da Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia, estudado na seção 3, empregará também este modelo.

### 2.1 MODELO DO MOTOR DC

Na Figura 2.1 desenha-se o circuito equivalente de um motor DC alimentado por uma tensão contínua na entrada, veja referência [Barczak-95].

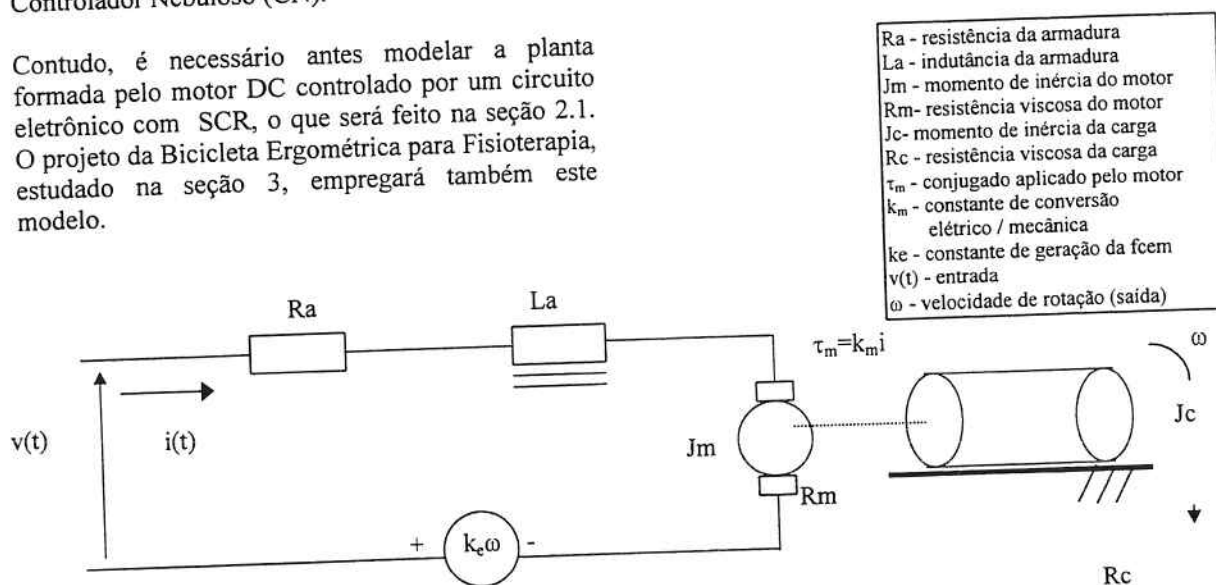


Figura 2.1 – Circuito equivalente de um motor DC.

As equações diferenciais deduzidas deste modelo são:

$$v(t) = R_a i(t) + L_a \frac{di}{dt} + k_e \omega(t) \quad (2.1)$$

e

$$\tau_m(t) = k_m i(t) = R \omega(t) + J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.2)$$

com  $R = R_m + R_c$  e  $J = J_m + J_c$

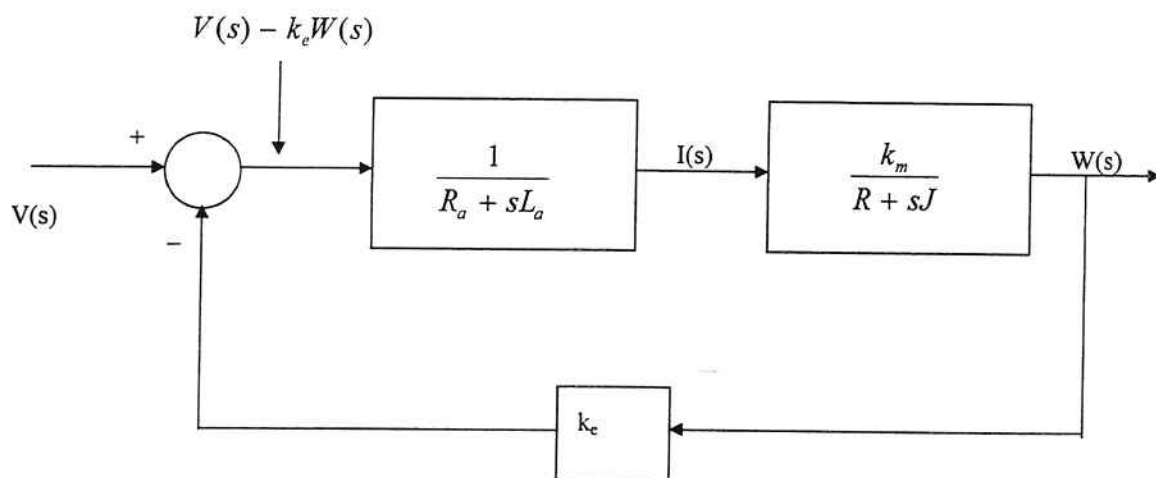


Figura 2.2 – Diagrama em Blocos, em s, do motor DC.

Aplicando a Transformada de Laplace (condições iniciais quiescentes) e isolando-se a variável de saída ( $W(s)$ ), obtém-se:

$$\text{de (2.1): } I(s) = \frac{V(s) - k_e W(s)}{R_a + sL_a} \quad (2.3)$$

$$\text{de (2.2): } W(s) = \frac{k_m}{R + sJ} I(s) \quad (2.4)$$

O diagrama em blocos resultante de (2.3) e (2.4) é apresentado na Figura 2.2. Note-se que há uma realimentação negativa natural, devido à existência de uma força contra-eletromotriz induzida, que tende a corrigir a velocidade de rotação ( $\omega$ ).

## 2.2 CIRCUITO DE CONTROLE COM SCR

O diagrama em blocos de controle utilizando SCR é visto na Figura 2.3, no qual apresenta-se o sinal de controle (3) e de medida de velocidade (6).

Alterando-se o valor DC (3) de entrada pode-se ajustar a saída do Comparador 1 e assim o valor de  $\theta$  (ângulo de disparo) ou ainda a velocidade final, pois ela depende deste ângulo, como será discutido a seguir.

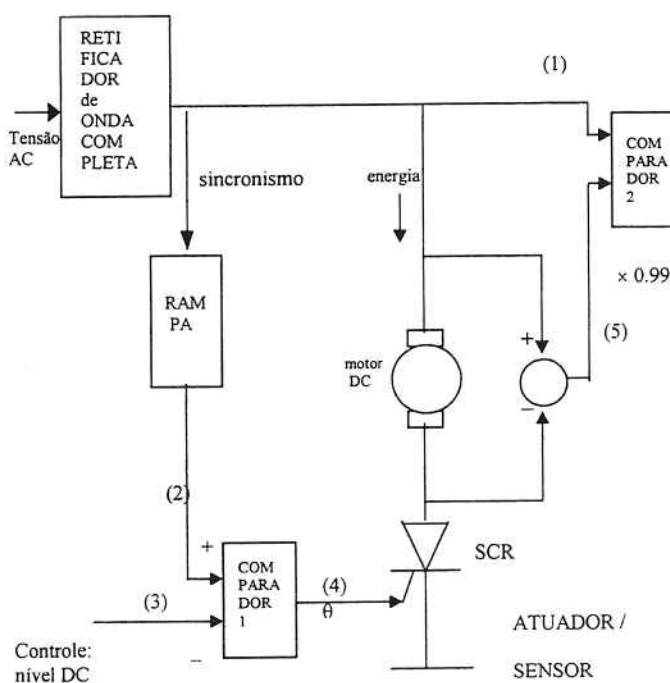


Figura 2.3 – Circuito de Controle com SCR.

Por outro lado, a largura do pulso na saída do outro Comparador 2 depende do valor DC gerado pelo motor (Figura 2.4) que varia com a velocidade de rotação que se deseja medir. Assim, o pulso de saída deste comparador, sinal (6) da Figura 2.4, tem sua largura função da velocidade do motor.

Segue a lista dos sinais envolvidos nesta Figura de modo a facilitar a análise:

- (1) – referência do sinal de alimentação
- (2) – rampa sincronizada com o sinal (1)
- (3) – sinal DC de controle
- (4) – pulso para disparar o SCR
- (5) – DC proporcional a fcm induzida ( $k_e \omega$ )
- (6) – pulso de medida de velocidade (largura  $\tau$ )

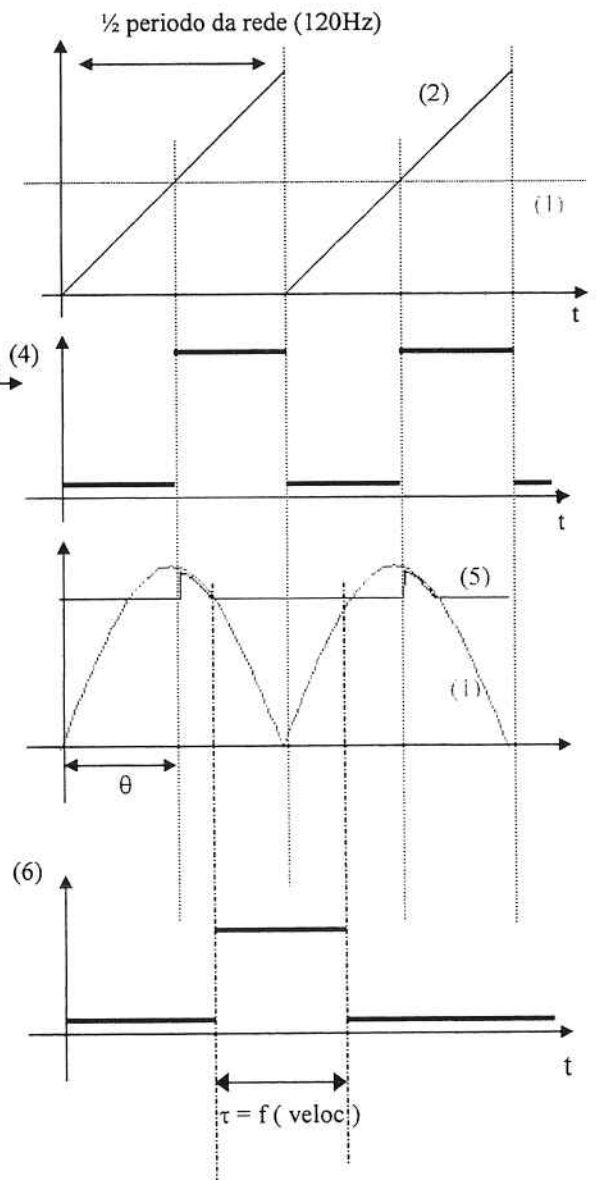
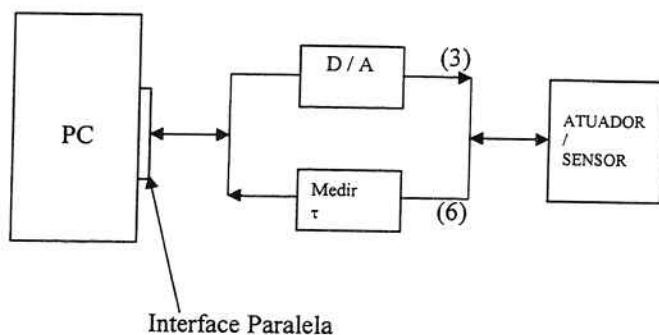


Figura 2.4 – Sinais correspondentes à Figura 2.3

Ao circuito deste atuador / sensor adicionam-se outros módulos para controlar a velocidade, o que pode ser visto na Figura 2.5.



Obs: (3) e (6) são sinais da Figura 2.4

Figura 2.5 – Conjunto completo do controlador para motor DC.

### 2.3 MODELO PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE MOTOR DC A SCR

Considerando-se agora o sinal “pulsado” aplicado ao motor,  $v(t)$  = sinal (1) da Figura 2.4, pode-se descrever o funcionamento do circuito a partir dos sinais apresentados na Figura 2.6.

Ainda por esta Figura e aproximando-se o sinal da corrente a pulsos retangulares de amplitude  $\frac{V_p - k_e \omega}{R_a}$ , pode-se escrever para a tensão média sobre o motor os seguintes resultados:

$$\bar{V} = i R_a; \bar{I} = \frac{V_p - k_e \omega}{R_a} \frac{\theta}{\pi} \quad (2.5)$$

$$\theta_c = \pi - \theta_d$$

$$\theta = \theta_c - \theta_0 \quad (\theta_0 \rightarrow \text{parâmetro de ajuste})$$

$$\Rightarrow \bar{V} = (V_p - k_e \omega) \frac{\theta_c - \theta_0}{\pi}$$

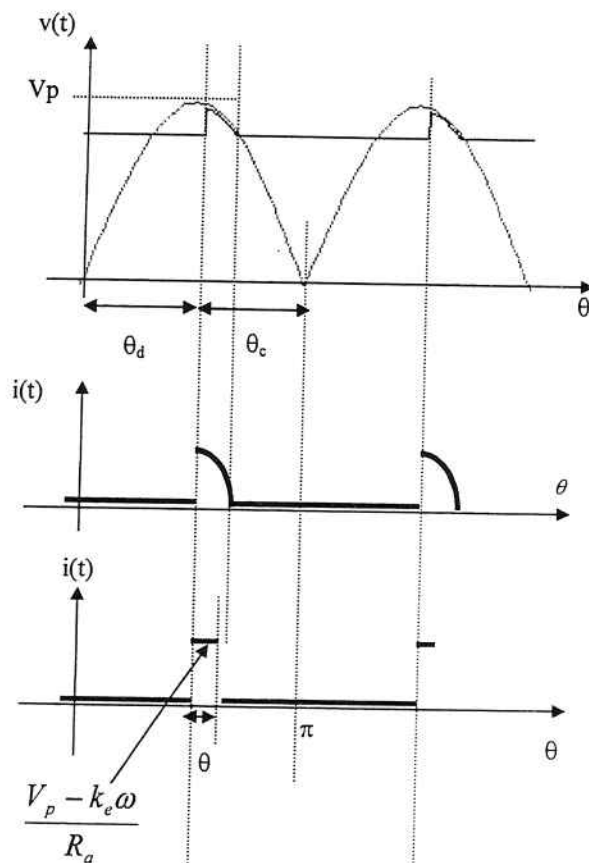


Figura 2.6 – Sinais da Figura 2.3.

Modificando-se o diagrama de blocos da Figura 2.2, considerando-se  $L_a \approx 0$  e impondo-se como entrada a tensão de valor médio acima calculado, obtém-se deste modo o diagrama para o caso do controle com SCR, veja Figura 2.7 na qual considerou-se também o efeito de distúrbio da carga:

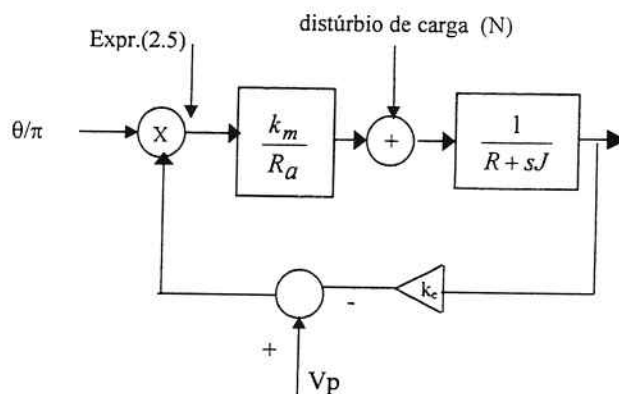


Figura 2.7 – Representação, no domínio s, do bloco motor DC / SCR.

Um modo de estimar a função de transferência  $\omega \times \theta$ , para um ângulo de condução fixado e aguardando-se a velocidade atingir o regime, é considerar que nestas condições a energia cinética rotacional é aproximadamente constante, devido a inércia do motor, e que portanto a energia perdida num ciclo (meio período de 60 Hz) é reposta pela circulação do pulso de corrente, Figura 2.6. Considerando-se ainda apenas a perda devido ao atrito mecânico, obtêm-se:

perda energia por ciclo  $\propto \omega^2$

ganho de energia por ciclo  $\propto \theta$  (aproximadamente)

$$\Rightarrow \hat{\omega} = k\hat{\theta}^{0.5} \quad (2.6)$$

$$\text{com } 0 \leq \hat{\theta} = \frac{\theta_c - \theta_0}{\pi} \leq 1 \text{ e } \hat{\omega} = \frac{\omega}{\omega_{\max}}$$

Levantou-se experimentalmente a curva de transferência da velocidade normalizada  $\hat{\omega}$  em função do ângulo  $\hat{\theta}_c$  (Figura 2.8) para o motor DC utilizado na BEF. Os valores de  $\theta_0$  e  $k$  foram tratados como parâmetros de ajuste, obtendo-se respectivamente  $17^\circ$  e 1,07 para eles, de modo a aproximar a curva teórica aos dados experimentais.

### 3. CONTROLE PARA A BICLETA ERGOMÉTRICA

Inicialmente será pesquisada uma configuração para o controle da Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia e por fim, com o objetivo de que os parâmetros definidos para o exercício sejam compatíveis com as avaliações do desempenho do paciente, será desenvolvida também uma “função nebulosa”, com as características de um Sistema Especialista, para definir o “set point” do Sistema.

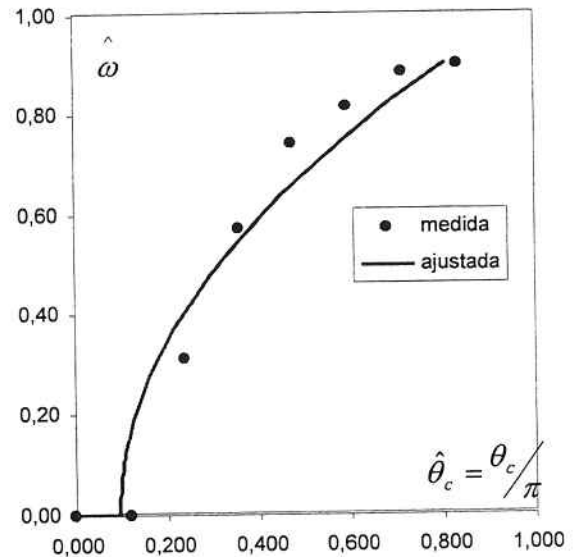


Figura 2.8 – Função de Transferência para um motor DC: velocidade  $\times \hat{\theta}_c$ .

### 3.1 CONTROLE NEBULOSO DO ERRO – ESTABILIDADE

Para obter-se a solução procurada parte-se de um controlador simples para alterá-lo, se necessário, através da análise dos resultados. Na Figura 3.1 é apresentado um controlador nebuloso – CN, veja [Driankov & Hellendoorn & Reinfrank-96], que atua em função do erro entre a velocidade programada e a velocidade medida.

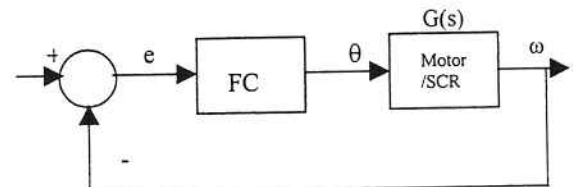


Figura 3.1 – Controle Nebuloso do erro.

Na Figura 3.2, curva em vermelho, apresenta-se a função característica nebulosa obtida através da seguinte Tabela Nebulosa (além da definição das funções de pertinência apropriadas):

se	E então	S
0	BB	BB
1	B	B
2	M	M
3	A	A
4	AA	AA

Percebe-se que há uma atuação maior para pequenos sinais de erro com uma passagem gradativa para a saturação quando o erro ultrapassa um dado limite. Esta forma de atuação corresponde a que o sistema não force demais o paciente quando este não estiver conseguindo acompanhar o exercício.



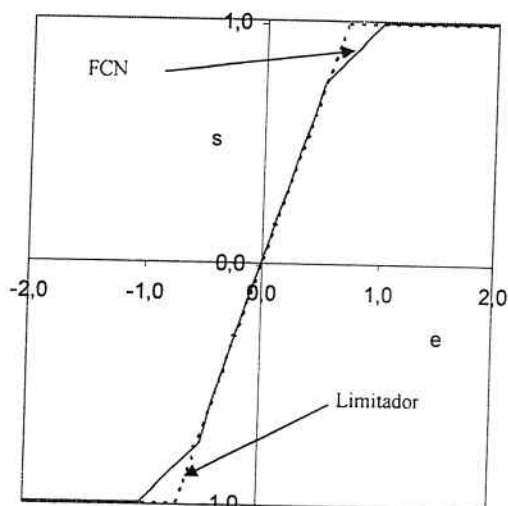


Figura 3.2 - FCN para o controlador da Figura 2.13

Resta a análise de estabilidade para este sistema. não linear. Pode-se aplicar critérios desenvolvidos neste campo para este estudo: a Análise de Estabilidade  $L^2$  em sistemas SISO associados a Controladores Nebulosos, veja [Kickert & Mandami - 77], [Ray & Majumder - 84], [Ray & Ghosh & Majumder - 84] e [Khalil-96].

Esta técnica é aplicável a sistemas cuja FC é do tipo limitada por setor, isto é, existem retas passando pela origem com inclinações  $\alpha$  e  $\beta$  que "cercam" a FC (Figura 3.3)

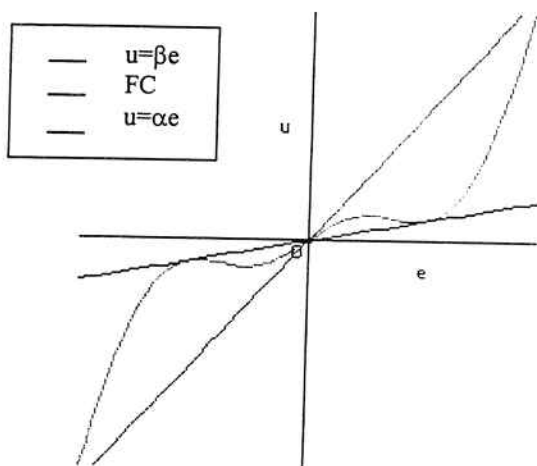


Figura 3.3 - FC limitada por setor.

Para o bloco linear com função de transferência  $G(s)$  racional, estritamente própria e assintoticamente estável e considerando  $\beta \neq 0$ , caso a seguinte

condição seja satisfeita pode-se concluir que o sistema é estável:

$$\operatorname{Re} \{ G(j\omega) \} > -1/\beta \quad \text{com } \alpha = 0$$

Esta condição pode ser verificada usando-se o diagrama de Nyquist: a curva obtida para  $G(j\omega)$  não deve atingir a região à esquerda do valor  $-1/\beta$  (Figura 3.4)

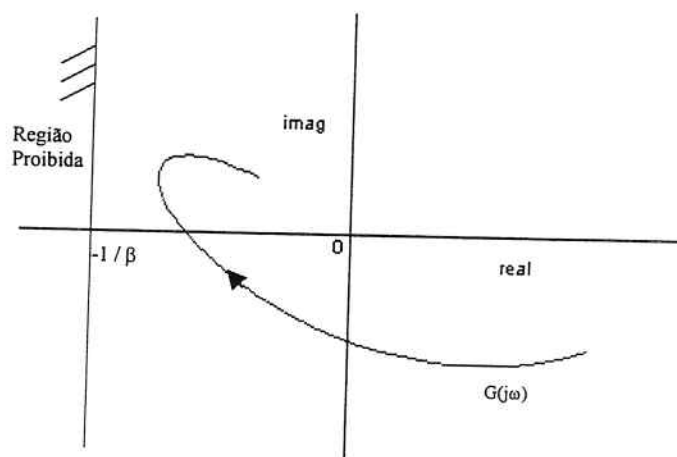


Figura 3.4 - Critério de Estabilidade  $L^2$ .

Entretanto, no caso estudado do controle a SCR de um motor DC, veja Figura 2.7,  $G(s)$  é não linear e, portanto não se pode aplicar este critério diretamente.

Para linearizar esta função de transferência (obter  $G(j\omega)$ ), em torno do ponto de trabalho, denominado polarização) aplica-se na entrada um sinal senoidal de "pequena" excursão somado a um valor constante, o qual fixa a polarização, e mede-se da saída senoidal, sua amplitude e sua fase. O parâmetro " $f_i/\pi$ " é utilizado para definir a polarização através do valor do ângulo de disparo de trabalho ( $f_i \equiv \phi$ ) normalizado pelo valor " $\pi$ " ( $\pi$ ) - Figura 3.5. Deste modo, para cada frequência selecionada obtém-se:

$$|G(j\omega)| = S_{pp} / E_{pp} \quad \text{e} \quad \angle G(j\omega) = \angle S - \angle E$$

É possível considerar também a variação da carga proporcionada pelo paciente: com um atraso  $1/(s+1)$  e multiplicada por um fator de acoplamento " $k$ ", realimenta-se a saída ( $\omega$ ) para a entrada de distúrbio de carga ( $N$ ), veja Figura 2.7. O valor deste atraso foi fixado arbitrariamente apenas para ilustrar este procedimento.

Embora não se possa garantir a estabilidade geral estudando-se estes casos linearizados, adotou-se a seguinte estratégia: obteve-se diversas curvas de Nyquist com diferentes pontos de polarização e de fator de acoplamento para identificar possíveis faixas de instabilidade para o valor de  $\beta$ , escolhendo-se uma faixa de trabalho “mais distante” destas. Posteriormente, simulou-se o Sistema para verificar tanto a ocorrência como a ausência de instabilidades para diversos valores de  $\beta$  de modo a confirmar as regiões definidas de acordo com o acima estabelecido.

Realizando-se estas ações e através de simulação pela ferramenta F levantou-se a curva de Nyquist para o controle a SCR de motor DC e para diversos valores de polarização e de fator de carga, veja Figura 3.5.

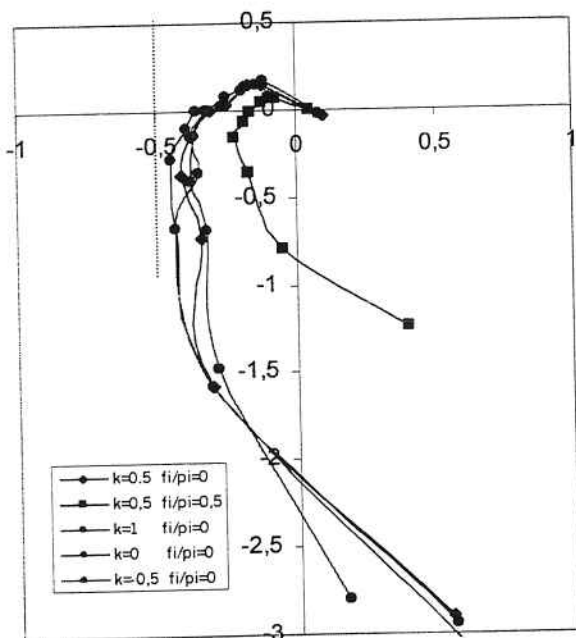


Figura 3.5 – Curvas de Nyquist relativas ao controle da figura 3.1:  $G(s)$  e da figura 3.7 :  $G(s)$  com integrador ( $1/s$ ) em série.

O pior caso corresponde à reta vertical assíntota à curva mais à esquerda, a qual ocorreu com carga zero ( $k=0$ ) e polarização zero ( $f_i/\pi=0$ ), resultando o seguinte valor de  $1/\beta \approx 0,5$ .

Pelo critério apresentado o sistema tende a se tornar instável para um ganho ( $\beta$ ), do bloco nebuloso, maior do que  $1/0,5 \approx 2$ . Nas Figuras 3.6 (a) e (b), apresenta-se a saída para diversos valores de  $\beta$ , o que confirma o resultado previsto. Assim pode-se definir a seguinte faixa valores para  $\beta$ :  $0 < \beta \leq 1$ .

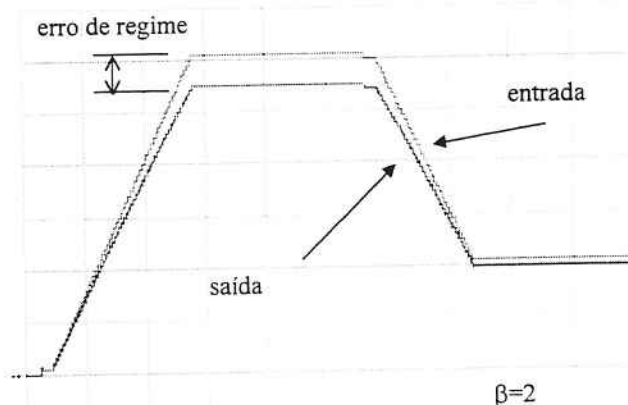


Figura 3.6 (a) - Verificação dos limites de estabilidade do controle da Figura 3.1.

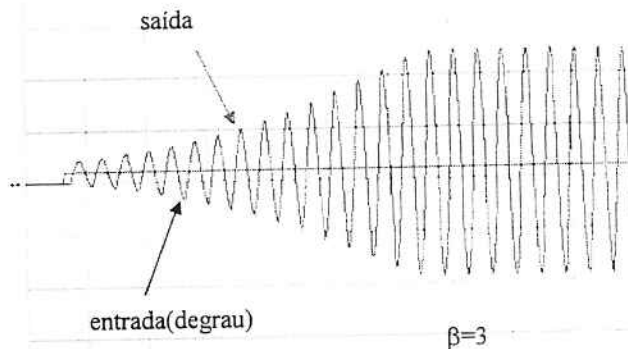


Figura 3.6 (b) – Verificação dos limites de estabilidade do controle da Figura 3.1.

A FC proposta pode ser simplificada considerando-se um bloco limitador, amplificador ou atenuador com clipagem, Figura 3.2 – curva em azul. Simulando-se para este caso, chegou-se a resultados semelhantes aos da FCN aqui estudada, tanto no controle como para a análise de estabilidade (mesmo valor de  $\beta$ ).

Nestas condições, este bloco mais simples será empregado. Apesar de que por esta pesquisa não ser justificável o emprego da FCN proposta, na malha de realimentação, existem na literatura diversas referências, por exemplo [Maeda & Sato & Murakami-90] e [Yen & Daugherty & Wang & Rathakrishnan-95], que apresentam resultados de melhoria de parâmetros de desempenho (“overshoot”, tempo de subida etc).

Sobre o estudo de estabilidade em CN’s pode-se dizer que a técnica aqui empregada de modo algum esgota o assunto. Para um estudo mais abrangente, deve-se considerar outros aspectos, entre eles pode-se citar: casos com funções não limitadas por setor, sistemas MISO e MIMO etc.

O avanço da teoria de controle não linear abre caminho para sua aplicação em CN’s sendo esta uma direção de pesquisas. É possível realizar-se um estudo lingüístico (sobre as regras) da estabilidade de Sistemas Nebulosos, veja [Gang & Laijiu-95].

### 3.2 RACIOCÍNIO NEBULOSO PARA AVALIAÇÃO DO PACIENTE E DEFINIÇÃO DO EXERCÍCIO

A seguir são propostas três alterações, na configuração discutida em 3.1, apresentando sua motivação:

- (1) incluir um integrador antes do bloco “Motor a SCR”: com a configuração anterior o erro de regime para excitação em degrau não se anula, Figura 3.6(a), e com a inclusão do integrador este erro é eliminado, veja [Ogata-93].
- (2) permitir o ajuste dos limites de excursão do bloco não linear para controlar a reação, como visto na seção anterior.
- (3) utilizar uma FCN, Figura 3.7, para definir o “set point” dos parâmetros de exercício sendo:

- variáveis de saída (“set point”):  
velocidade (v),  
reação (r) e  
duração ou tempo de exercício (te)

- variáveis de entrada:  
número de batimentos/min (bt)  
pressão sangüínea sistólica ou pressão alta (pa)  
tempo despendido (td)  
número de espasmos (ne) e  
avaliação inicial da condição do paciente (cp)

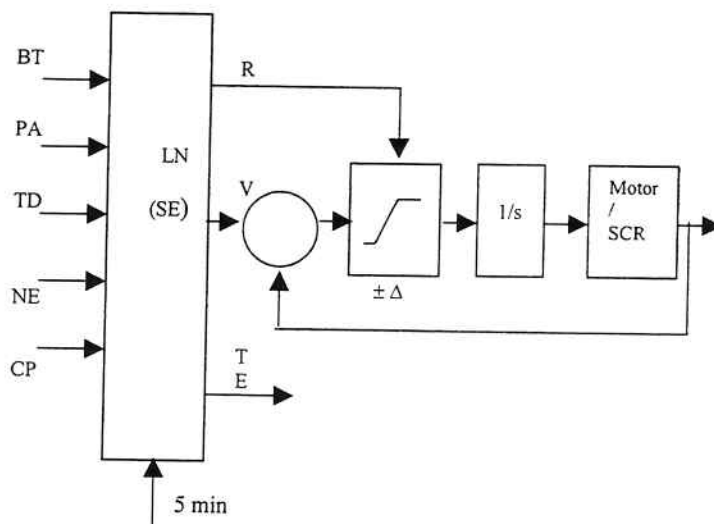


Figura 3.7 – SE para definir “set point” de acordo com avaliação do paciente.

O bloco que substituiu a FCN possui clipagem e quando se alteram os extremos de excursão do sinal de saída ( $\pm \Delta$ ), limita-se o nível máximo, em módulo, do sinal a ser integrado. Como consequência, tanto o tempo de subida como o de descida do sinal de saída do integrador, e portanto, da velocidade do motor, também ficam limitados.

Deste modo, controla-se a “reação da bicicleta” às mudanças: uma reação forte corresponde à recuperação “rápida” da velocidade e uma reação fraca corresponde à recuperação “lenta” da velocidade, veja Figuras 3.8 e 3.9. Na próxima seção, esta reação será utilizada como parâmetro (R-reação) do exercício a ser controlado.

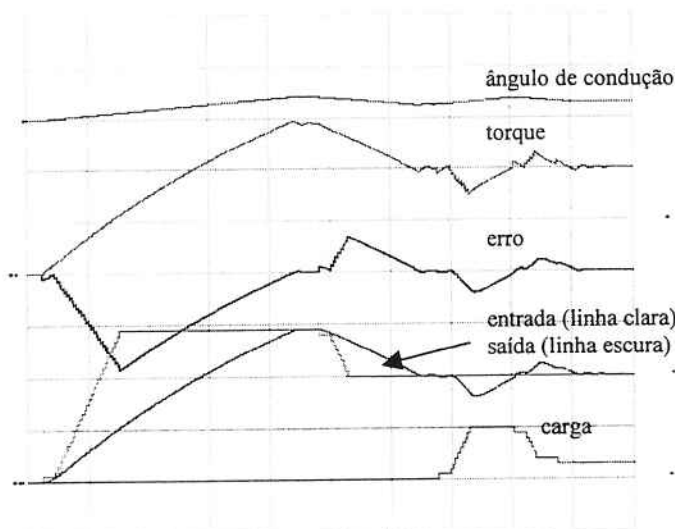


Figura 3.8 – Exemplo de reação fraca ( $\Delta = 0.01$  e  $\beta = 1$ ).

Quanto ao estudo de estabilidade deste novo controlador com um integrador, aumentou-se gradativamente  $\beta$  (a partir  $\beta_{\max} = 1$  e de com  $\Delta = 1$ ), para verificar qual o limite de instabilidade para este ganho, obtendo-se as Figuras 3.9 e 3.10. Resultou selecionar-se  $\beta \leq 1$  para garantir a estabilidade requerida.

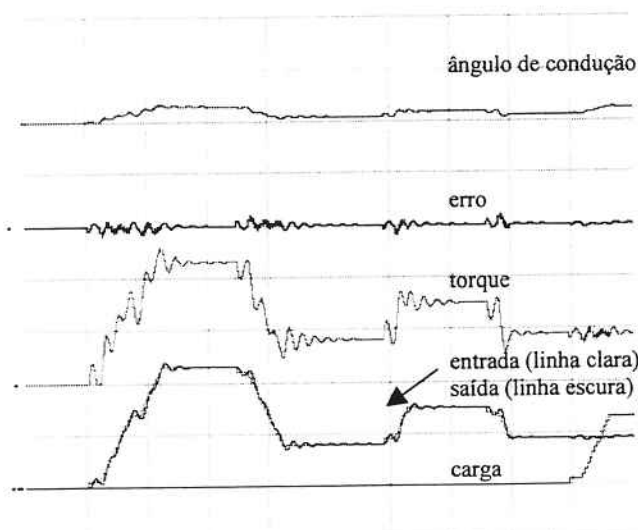


Figura 3.9 – Exemplo de reação forte ( $\Delta = 1$  e  $\beta = 1$ ) e verificação dos limites de estabilidade do controle da Figura 3.8.

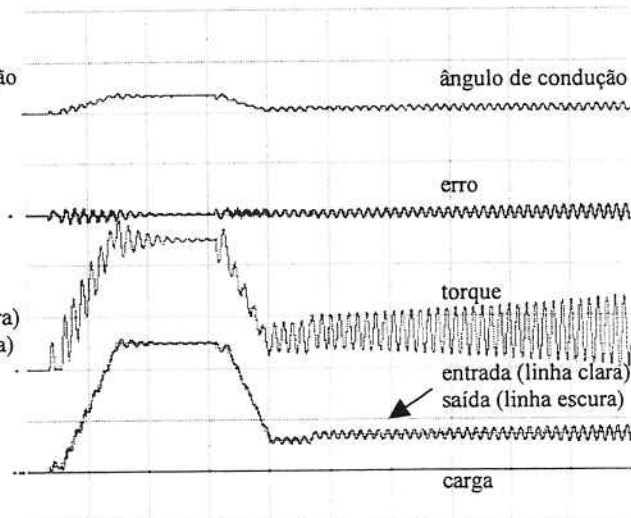


Figura 3.10 - Instabilidade do controle da Figura 3.8, com  $\Delta = 1$  e  $\beta = 2$ .

A Lógica Nebulosa da Figura 3.8 é apresentada na Tabela 3.1, para uma condição de entrada. Nesta estratégia a LN é utilizada para definir o comportamento do exercício em função do desempenho do paciente.

Atualiza-se o “set point” do exercício periodicamente (definiu-se experimentalmente o valor de 5 minutos para este período).

Não é necessário construir toda a Tabela Nebulosa para que ela seja completa e para a BEF se propõe a seguinte técnica para garantir-se esta completeza:

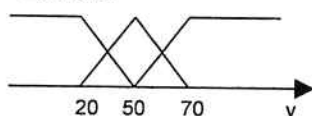
usando a variável de entrada CP (condição inicial do paciente) como “pivô” e cada uma das outras variáveis de entrada (BT, PA e NE), de modo a formar pares, varre-se todas as combinações de resultados possíveis para a entrada (BB, BA,...,AA) estabelecendo as regras para as variáveis de saída e, deste modo, em qualquer caso sempre ocorrem pelo menos 3 regras disparadas.

Esta construção embute também a seguinte característica: independente das condições dadas por BA, PA e NE, há um limite máximo imposto para o vetor de saída através da prescrição da condição do paciente (CP).

	BT	PA	TD	NE	CP
B	80	10,0	5,0	1,0	3,0
M	90	13,0	10,0	3,0	5,0
A	110	16,0	20,0	4,0	7,5

	R	V	TE
B	0,01	20	15
M	0,3	50	30
A	1	70	45

Exemplo:



se	BT	PA	TD	NE	CP	então	R	V	TE
1	B				B		B	B	B
2	M				B		M	M	M
3	A				B		B	B	B
4		B			B		M	M	M
5		M			B		A	A	A
6		A			B		B	B	B
7			B		B		A	A	A
8			M		B		M	M	M
9			A		B		B	B	B
10	B				M		M	M	M
11	M				M		M	M	M
12	A				M		A	A	A
13		B			M		A	A	A
14		M			M		M	M	M
15		A			M		M	M	M
16			B		M		A	M	M
17			M		M		B	A	A
18			A		M		M	M	M
19	B				A		A	A	A
20	M				A		A	A	A
21	A				A		M	M	M
22		B			A		M	M	M
23		M			A		A	A	A
24		A			A		A	A	A
25			B		A		A	A	A
26			M		A		B	A	A
27			A		A		B	M	M

observação: nesta Tabela não se considerou a influência da variável TD (tempo despendido no exercício).

Tabela 3.1 – Tabela Nebulosa para “set point” da Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia.

Nesta função a utilização da Teoria Nebulosa mostrou-se essencial: a trajetória do exercício se adapta às condições do paciente.

Na Figura 3.11 são apresentados gráficos, relacionados a FCN “(r,v,te) = f(bt, pa, td, ne, cp)”.

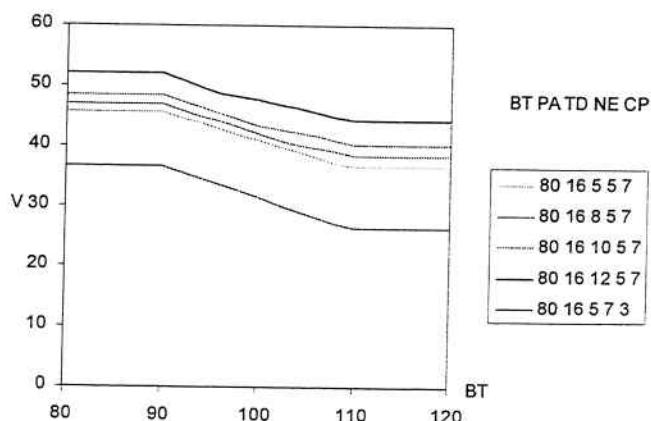
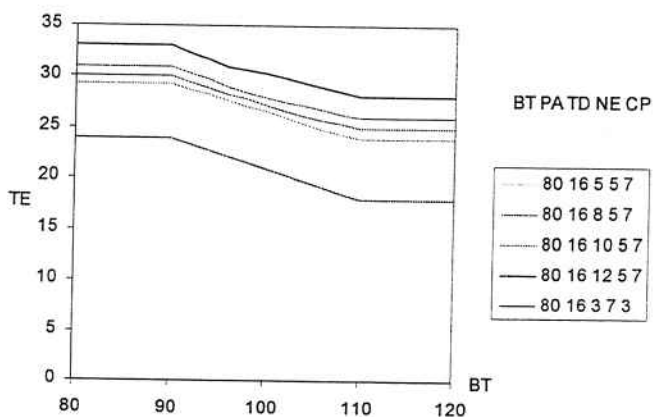
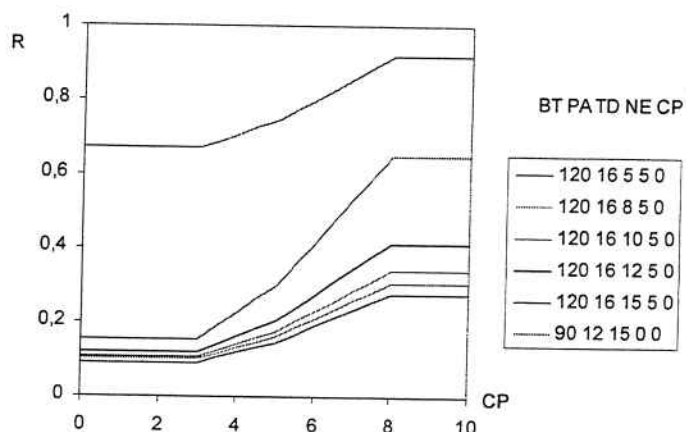


Figura 3.11 – Gráficos das FCN (r,v,te) = f(bt,pa,td,ne,cp).

O espaço de entrada possui 5 dimensões, sendo a coordenada de um ponto definida por (bt,pa,td,ne,cp). A representação direta de superfícies ou de curvas neste espaço é impossível.

Os gráficos da Figura 3.11 são projeções das funções  $r = r(bt, pa, td, ne, cp)$ ,  $v = v(bt, pa, td, ne, cp)$  e  $te = te(bt, pa, td, ne, cp)$  obtidas fixando-se 4 destas coordenadas e variando-se a que restou. Deste modo, tem-se uma idéia de como se comportam estas funções.

Pode-se ajustá-las empiricamente alterando-se os valores da Tabela 3.1, e, verificando-se a mudança de comportamento resultante, através dos mesmos gráficos da Figura 3.11,.

#### 4. NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

O estudo de estabilidade realizado na seção 3.1 baseou-se nos artigos de [Ray & Majumder - 84] e [Ray & Ghosh & Majumder - 84] sobre a técnica de estabilidade  $L^2$  para CN's com FCN limitada por setor, também denominado critério do círculo. Cita-se também o artigo de [Kickert & Mandami - 77] como também os livros de [Khalil-96] e [Kapitaniak-00] sobre este assunto.

As de funções de Lyapunov aplicadas à estabilidade de CN's podem ser estudadas em [Yi & Chung-94] e em [Tanaka-95].

Outras abordagens específicas são apresentadas nos artigos de [Malki & Li & Chen-94] - estabilidade em CN's tipo PD; [Gang & Laijiu - 95] - método de análise lingüístico para estudo de estabilidade em sistemas controlados com loop fechado nebuloso; [Wang & Tanaka & Griffin-95] - estabilidade para sistemas não lineares e controladores nebulosos baseados no modelo de Takagi-Sugeno; [Bandemer & Hartmann-96] - critério de estabilidade de CN's sobre a base de regras e [Leung & Lam & Tam-98] - estabilidade e robustez em sistemas não lineares MIMO com CN's.

Um detalhamento deste trabalho sobre a BEF, incluindo uma descrição das ferramentas de software desenvolvidas, pode ser visto em [Garms-01].

#### 5. COMENTÁRIOS FINAIS

Aplicou-se a TN para o projeto da BEF em duas situações: na malha de realimentação e para definir o "set point" do exercício.

No primeiro caso, ao invés de utilizar-se uma FCN optou-se por um "amplificador/atenuador com clipagem" por ser mais simples e conduzir também a um resultado adequado para esta aplicação.

Definindo-se os valores limites de clipagem ( $\pm \Delta$ ) pôde-se controlar a reação da BEF: as respostas variam entre praticamente instantâneas (fortes) e com atraso da ordem de segundos (fracas), sem comprometer o sobresinal.

Por outro lado, para o emprego da Teoria Nebulosa na definição do "set point" do exercício, pode-se concluir que o resultado foi efetivo pois possibilitou adequá-lo às condições e ao desempenho do paciente.

Sob este último ponto de vista, este trabalho evidenciou o uso da Teoria Nebulosa na construção de Sistemas antes flexíveis e adaptados às necessidades dos usuários, importância ampla, que construídos para obedecer a parâmetros de controle de caráter teórico (overshoot, tempo de subida etc).

Tais parâmetros são também importantes, localmente, devendo os Sistemas ser projetados para atender objetivos a eles relacionados (por exemplo, o controle da velocidade do motor na BEF), através de técnicas de controle usuais, ou não, dependendo de critérios de seleção das soluções disponíveis.

Por outro lado, quando se define o "set point" de um exercício (tratamento), há um outro tipo de realimentação mais ampla: médico avalia condições do paciente → médico prescreve tratamento → paciente realiza tratamento → médico avalia condições do paciente etc.

Este ciclo tem as características típicas para o uso da teoria nebulosa, isto é, corresponde a um "Sistema complexo, lento e mal definido" e cujo bom termo depende muito da formação, experiência e intuição do médico sendo que, nestas condições, o emprego desta teoria é plenamente justificado.

Deste modo, a consequência mais importante desta pesquisa foi a de explicitar a possibilidade de aplicar-se técnicas baseadas na TN para o desenvolvimento de uma nova versão da Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia cujo exercício automaticamente tornar-se-á aderente à resposta do paciente.

Destaca-se também como resultado adicional o "hardware" para amostrar velocidade, ou para detectar do motor DC controlado por SCR, que corresponde aos espasmos que o paciente pode vir a ter.

O hardware desenvolvido neste estudo (Figura 2.3) e implementado basicamente através de Amplificadores Operacionais, possui uma característica



muito interessante: independe do “porte” do motor utilizado, pois não necessita amostrar sua corrente e deste modo não são necessários ajustes em caso de troca de motores.

Realizaram-se testes tanto para o motor da bicicleta ergométrica quanto para motores “pequenos”, como os usados em gravadores portáteis, com este mesmo circuito eletrônico para ambos, sem que se tenha observado diferença de desempenho entre as duas situações.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [Bandemer & Hartmann-96] - BANDEMERM H. e HARTMANN S. A fuzzy approach to stability of fuzzy controllers. *Fuzzy sets and Systems* 96, p.161-172, 1996.
- [Barczak-95] - BARCZAK C.L. Controle Digital de Sistemas Dinâmicos, projeto e análise. Ed. Edgard Blucher, 1995.
- [Driankov & Hellendoorn & Reinfrank-96] - DRIANKOV D., HELLENDORRN H. e REINFRANK M. An Introduction to Fuzzy Control. Prentice Hall, 1996.
- [Gang & Laijiu - 95] - GNAG J. e LAIJU C. Linguistic stability analysis of fuzzy closed loop control systems. *Fuzzy sets and Systems* 82,p.27-34, 1995.
- [Garms - 01] – GARMS M.A.Teoria Nebulosa aplicada em Sistemas de Auxílio Motor. Dissertação para obtenção de título de Mestre de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.
- [Kapitaniak-00] - KAPITANIAK T. Chaos for Engineers, Theory, Aplications, and Control. Springer-Verlag, 2000.
- [Khalil-96] - KHALIL H.K. Nonlinear Systems Prentice Hall, 1996.
- [Kickert & Mandami - 78] - KICKERT W.J.M. e MANDAMI E.H. Analysis of a Fuzzy Logic Controller. *Fuzzy Sets and Systems* 1,p.29-44, 1978.
- [Kim & Cho & Park-96] - KIM S., CHO Y. e PARK M. A Multirule Base Controller Using the Robust Property of a Fuzzy Controller and its Design Method. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 4,no. 3,p.315-327, Aug, 1996.
- [Maeda & Sato & Murakami-90] - MAEDA, SATO T. e MURAKAMINS. Design of the self-tuning fuzzy controller. *Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks*, Iizuka, Japan, p. 393-396, 1990.
- [Malki & Li & Chen-94] - MALKI H.A.,LI H. e CHEN G. New Design and Stability Analysis of Fuzzy Proportional-Derivative Control Systems. *Transactions on Fuzzy Systems*, vol.2, no. 4, p.245-252, Nov, 1994.
- [Ogata-93] – OGATA K. Engenharia de Controle Moderno. Prentice Hall, 1993.
- [Ray & Ghosh & Majumder - 84] - RAY K., GHOSH A.M e MAJUNDER D.D. L2-Stability and Related Design Concept for SISO Linear Associated with Fuzzy Logic Controller. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-14, no. 6, p.932-939, Nov/Dec, 1984.
- [Ray & Majumder - 84] - RAY K. e MAJUNDER D.D. Applications of Circle Criteria for Stability Analysis of Linear SISO and MIMO Systems Associated with Fuzzy Logic Controller. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-24, no. 2, p.345-349, March/April, 1984.
- [Teixeira & Zak-99] – TEIXEIRA M. C. M. & ZAK S. H. Stabilizing Controller Design for Uncertain Nonlinear Systems Using Fuzzy Models. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 7, no. 2, p.133-142, Apr, 1999.
- [Yi & Chung-94] - YI S.Y. e CHUNG M.J. Systematic design and stability analysis of a fuzzy logic controller. *Fuzzy sets and Systems* 72, p.271-298, 1994.





## BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PCS/9301 - Interligação de Processadores através de Chaves Ômicron - GERALDO LINO DE CAMPOS, DEMI GETSCHKO
- BT/PCS/9302 - Implementação de Transparência em Sistema Distribuído - LUÍSA YUMIKO AKAO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9303 - Desenvolvimento de Sistemas Especificados em SDL - SIDNEI H. TANO, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9304 - Um Modelo Formal para Sistemas Digitais à Nível de Transferência de Registradores - JOSÉ EDUARDO MOREIRA, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9305 - Uma Ferramenta para o Desenvolvimento de Protótipos de Programas Concorrentes - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9306 - Uma Ferramenta de Monitoração para um Núcleo de Resolução Distribuída de Problemas Orientado a Objetos - JAIME SIMÃO SICHMAN, ELERI CARDOSO
- BT/PCS/9307 - Uma Análise das Técnicas Reversíveis de Compressão de Dados - MÁRIO CESAR GOMES SEGURA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9308 - Proposta de Rede Digital de Sistemas Integrados para Navio - CESAR DE ALVARENGA JACOBY, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9309 - Sistemas UNIX para Tempo Real - PAULO CESAR CORIGLIANO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9310 - Projeto de uma Unidade de Matching Store baseada em Memória Paginada para uma Máquina Fluxo de Dados Distribuído - EDUARDO MARQUES, CLAUDIO KIRNER
- BT/PCS/9401 - Implementação de Arquiteturas Abertas: Uma Aplicação na Automação da Manufatura - JORGE LUIS RISCO BECERRA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9402 - Modelamento Geométrico usando do Operadores Topológicos de Euler - GERALDO MACIEL DA FONSECA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9403 - Segmentação de Imagens aplicada a Reconhecimento Automático de Alvos - LEONCIO CLARO DE BARROS NETO, ANTONIO MARCOS DE AGUIRRA MASSOLA
- BT/PCS/9404 - Metodologia e Ambiente para Reutilização de Software Baseado em Composição - LEONARDO PUJATTI, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9405 - Desenvolvimento de uma Solução para a Supervisão e Integração de Células de Manufatura Discreta - JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9406 - Método de Teste de Sincronização para Programas em ADA - EDUARDO T. MATSUDA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9407 - Um Compilador Paralelizante com Detecção de Paralelismo na Linguagem Intermediária - HSUEH TSUNG HSIANG, LÍRIA MATSUMOTO SAITO
- BT/PCS/9408 - Modelamento de Sistemas com Redes de Petri Interpretadas - CARLOS ALBERTO SANGIORGIO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9501 - Síntese de Voz com Qualidade - EVANDRO BACCI GOUVÊA, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9502 - Um Simulador de Arquiteturas de Computadores "A Computer Architecture Simulator" - CLAUDIO A. PRADO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9503 - Simulador para Avaliação da Confiabilidade de Sistemas Redundantes com Reparo - ANDRÉA LUCIA BRAGA, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA DIAS
- BT/PCS/9504 - Projeto Conceitual e Projeto Básico do Nível de Coordenação de um Sistema Aberto de Automação, Utilizando Conceitos de Orientação a Objetos - NELSON TANOMARU, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9505 - Uma Experiência no Gerenciamento da Produção de Software - RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9506 - MétodoOO - Método de Desenvolvimento de Sistemas Orientado a Objetos: Uma Abordagem Integrada à Análise Estruturada e Redes de Petri - KECHI HIRAMA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9601 - MOOPP: Uma Metodologia Orientada a Objetos para Desenvolvimento de Software para Processamento Paralelo - ELISA HATSUE MORIYA HUZITA, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9602 - Estudo do Espalhamento Brillouin Estimulado em Fibras Ópticas Monomodo - LUIS MEREGE SANCHES, CHARLES ARTUR SANTOS DE OLIVEIRA
- BT/PCS/9603 - Programação Paralela com Variáveis Compartilhadas para Sistemas Distribuídos - LUCIANA BEZERRA ARANTES, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9604 - Uma Metodologia de Projeto de Redes Locais - TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO, WILSON VICENTE RUGGIERO

- BT/PCS/9605 - Desenvolvimento de Sistema para Conversão de Textos em Fonemas no Idioma Português - DIMAS TREVIZAN CHBANE, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9606 - Sincronização de Fluxos Multimídia em um Sistema de Videoconferência - EDUARDO S. C. TAKAHASHI, STEFANIA STIUBIENER
- BT/PCS/9607 - A importância da Completeza na Especificação de Sistemas de Segurança - JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR, BENÍCIO JOSÉ DE SOUZA
- BT/PCS/9608 - Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança - BRÁULIO COELHO ÁVILA, MÁRCIO RILLO
- BT/PCS/9609 - Implementação de Engenharia Simultânea - MARCIO MOREIRA DA SILVA, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/9610 - Statecharts Adaptativos - Um Exemplo de Aplicação do STAD - JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9611 - Um Meta-Editor Dirigido por Sintaxe - MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9612 - Reutilização em Software Orientado a Objetos: Um Estudo Empírico para Analisar a Dificuldade de Localização e Entendimento de Classes - SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF, PEDRO ALEXANDRE DE OLIVEIRA GIOVANI
- BT/PCS/9613 - Representação de Estruturas de Conhecimento em Sistemas de Banco de Dados - JUDITH PAVÓN MENDONZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9701 - Uma Experiência na Construção de um Tradutor Inglês - Português - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9702 - Combinando Análise de "Wavelet" e Análise Entrópica para Avaliar os Fenômenos de Difusão e Correlação - RUI CHUO HUEI CHIOU, MARIA ALICE G. V. FERREIRA
- BT/PCS/9703 - Um Método para Desenvolvimento de Sistemas de Computacionais de Apoio a Projetos de Engenharia - JOSÉ EDUARDO ZINDEL DEBONI, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9704 - O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas Aplicações - SÉRGIO MIRANDA PAZ, CARLOS EDUARDO CUGNASCA
- BT/PCS/9705 - METAMBI-OO - Um Ambiente de Apoio ao Aprendizado da Técnica Orientada a Objetos - JOÃO UMBERTO FURQUIM DE SOUZA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9706 - Um Ambiente Interativo para Visualização do Comportamento Dinâmico de Algoritmos - IZAURA CRISTINA ARAÚJO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9707 - Metodologia Orientada a Objetos e sua Aplicação em Sistemas de CAD Baseado em "Features" - CARLOS CÉSAR TANAKA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9708 - Um Tutor Inteligente para Análise Orientada a Objetos - MARIA EMÍLIA GOMES SOBRAL, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9709 - Metodologia para Seleção de Solução de Sistema de Aquisição de Dados para Aplicações de Pequeno Porte - MARCELO FINGUERMAN, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9801 - Conexões Virtuais em Redes ATM e Escalabilidade de Sistemas de Transmissão de Dados sem Conexão - WAGNER LUIZ ZUCCHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9802 - Estudo Comparativo dos Sistemas da Qualidade - EDISON SPINA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9803 - The VIBRA Multi-Agent Architecture: Integrating Purposive Vision With Deliberative and Reactive Planning - REINALDO A. C. BIANCHI, ANNA H. REALI C. RILLO, LELIANE N. BARROS
- BT/PCS/9901 - Metodologia ODP para o Desenvolvimento de Sistemas Abertos de Automação - JORGE LUIS RISCO BECCERRA, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9902 - Especificação de Um Modelo de Dados Bitemporal Orientado a Objetos - SOLANGE NICE ALVES DE SOUZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9903 - Implementação Paralela Distribuída da Dissecção Cartesiana Aninhada - HILTON GARCIA FERNANDES, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9904 - Metodologia para Especificação e Implementação de Solução de Gerenciamento - SERGIO CLEMENTE, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/9905 - Modelagem de Ferramenta Hiperídia Aberta para a Produção de Tutoriais Interativos - LEILA HYODO, ROMERO TORI
- BT/PCS/9906 - Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores-LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos - JOÃO I. DA SILVA FILHO, JAIR MINORO ABE
- BT/PCS/9907 - Modelo Nebuloso de Confiabilidade Baseado no Modelo de Markov - PAULO SÉRGIO CUGNASCA, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/9908 - Uma Análise Comparativa do Fluxo de Mensagens entre os Modelos da Rede Contractual (RC) e Colisões Baseada em Dependências (CBD) - MÁRCIA ITO, JAIME SIMÃO SICHMAN

- BT/PCS/9909 – Otimização de Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos Empregando a Técnica de Times Assíncronos – CESAR SCARPINI RABAK, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9910 – MIISA – Uma Metodologia para Integração da Informação em Sistemas Abertos – HILDA CARVALHO DE OLIVEIRA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9911 – Metodologia para Utilização de Componentes de Software: um estudo de Caso – KAZUTOSI TAKATA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/0001 – Método para Engenharia de Requisitos Norteado por Necessidades de Informação – ARISTIDES NOVELLI FILHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0002 – Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa – RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0101 – Gerenciamento Hierárquico de Falhas – JAMIL KALIL NAUFAL JR., JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0102 – Um Método para a Construção de Analisadores Morfológicos, Aplicado à Língua Portuguesa, Baseado em Autômatos Adaptativos – CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0103 – Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica – LUISA ALEYDA GARCIA GONZÁLEZ, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0104 – O Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Componentes a Partir da Visão de Objetos – RENATA EVANGELISTA ROMARIZ RECCO, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0105 – Introdução às Gramáticas Adaptativas – MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0106 – Automação dos Processos de Controle de Qualidade da Água e Esgoto em Laboratório de Controle Sanitário – JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0107 – Um Mecanismo para Distribuição Segura de Vídeo MPEG – CÍNTIA BORGES MARGI, GRAÇA BESSAN, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0108 – A Dependence-Based Model for Social Reasoning in Multi-Agent Systems – JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0109 – Ambiente Multilíngua de Programação – Aspectos do Projeto e Implementação – APARECIDO VALDEMIR DE FREITAS, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0110 – LETAC: Técnica para Análise de Tarefas e Especificação de Fluxo de Trabalho Cooperativo – MARCOS ROBERTO GREINER, LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0111 – Modelagem ODP para o Planejamento de Sistemas de Potência – ANIRIO SALLES FILHO, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0112 – Técnica para Ajuste dos Coeficientes de Quantização do Padrão MPEG em Tempo Real – REGINA M. SILVEIRA, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/0113 – Segmentação de Imagens por Classificação de Cores: Uma Abordagem Neural – ALEXANDRE S. SIMÕES, ANNA REALI COSTA
- BT/PCS/0114 – Uma Avaliação do Sistema DSM Nautilus – MARIO DONATO MARINO, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0115 – Utilização de Redes Neurais Artificiais para Construção de Imagem em Câmara de Cintilação – LUIZ SÉRGIO DE SOUZA, EDITH RANZINI
- BT/PCS/0116 – Simulação de Redes ATM – HSU CHIH WANG CHANG, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0117 – Application of Monoprocessed Architecture for Safety Critical Control Systems – JOSÉ ANTONIO FONSECA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0118 – WebBee – Um Sistema de Informação via WEB para Pesquisa de Abelhas sem Ferrão – RENATO SOUSA DA CUNHA, ANTONIO MOURA SARAIVA
- BT/PCS/0119 – Parallel Processing Applied to Robot Manipulator Trajectory Planning – DENIS HAMILTON NOMIYAMA, LÍRIA MATSUMOTO SATO, ANDRÉ RIYUITI HIRAKAWA
- BT/PCS/0120 – Utilização de Padrão de Arquitetura de Software para a Fase de Projeto Orientado a Objetos – CRISITINA MARIA FERREIRA DA SILVA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0121 – Agilizando Aprendizagem por Reforço Através do uso de Conhecimento sobre o Domínio – RENÉ PEGORARO, ANNA H. REALI COSTA
- BT/PCS/0122 – Modelo de Segurança da Linguagem Java Problemas e Soluções – CLAUDIO MASSANORI MATAYOSHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0123 – Proposta de um Agente CNM para o Gerenciamento Web de um Backbone ATM – FERNANDO FROTA REDÍGOLO, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0124 – Um Método de Teste de software Baseado em Casos Teste – SÉRGIO RICARDO ROTTA, KECHI HIRAMA

