

**RELATÓRIO FINAL – BOLSA DCR
SÍNTESE DE SUPERVISORES DE SISTEMAS A
EVENTOS DISCRETOS TEMPORIZADOS**

**Eduard Montgomery Meira Costa
Universidade Federal da Bahia
Escola Politécnica
Departamento de Engenharia Mecânica
Processo 301265/01-1**

Dezembro de 2004

Conteúdo

Parte I - Desenvolvimento Teórico: Redes de Petri com Temporização Variável	1
RESUMO -	3
Introdução -	5
Conceitos -	6
Introdução às Redes de Petri com Temporização Variável	8
Exemplo de Modelo de um Pequeno Sistema Utilizando Redes de Petri com Temporização Variável	12
Conclusões	15
Referências	16
Parte II - Produção Científica	19
Artigos	21
<i>Revistas</i>	21
Publicados	21
Revista Controle & Automação da SBA	21
Revista Ciência e Engenharia da UFU	21
Revista Diálogos e Ciência da FTC-FSA	21
Submetidos	21
Revista Ciência e Engenharia da UFU	21
Discrete Event Dynamic Systems: Theory and Applications Journal, Kluwer Academic Publishers	21
Revista Diálogos e Ciência da FTC-FSA	22
<i>Eventos</i>	22
Publicados	22
II STEC – II Seminário Técnico-Científico da Faculdade Área1	22
V SEMPPG - V Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação e XXIII SEMEP - XXIII Seminário Estudantil de Pesquisa	22
<i>Livros</i>	22
Publicados	22
Encaminhados para publicação	22
Novas Versões de Softwares	22
RPFHT	23
RWDES	23
RPSED	23
Parte III – Formação de Recursos Humanos	24
Introdução	27
Disciplinas:	27
Palestras:	27
Cursos Assistidos e Participação em Eventos:	27
Orientações:	27
Considerações Finais	29

Parte I

Desenvolvimento Teórico:

Redes de Petri com Temporização Variável

RESUMO

Rede de Petri é um formalismo matemático e gráfico que permite fundamentar modelos de sistemas de transições. Diferentemente dos autômatos, esta ferramenta se apresenta como substituta quando modelando sistemas que apresentam concorrência, como é o caso dos Sistemas a Eventos Discretos. Este paradigma apresenta vários formalismos que foram introduzidos ao longo do tempo, permitindo modelar sistemas temporizados. Entretanto, baseando-se na representação de sistemas em que o tempo de início de uma tarefa depende do tempo decorrido na ocorrência de um evento anterior, como processos da indústria química, ou processos que envolvem desgastes de peças, este paradigma nem sempre é eficiente, necessitando de um formalismo específico de temporização como os autômatos com temporização variável. Aqui este formalismo é introduzido, onde exemplos mostram sua eficácia na representação de tais sistemas.

Introdução

Rede de Petri (Murata, 1989) é uma ferramenta matemática e gráfica que permite a representação de sistemas que apresentam uma evolução dinâmica descrita pela ocorrência de eventos, como os Sistemas a Eventos Discretos (SEDs) (Ramadge and Wonham, 1982; Ramadge and Wonham, 1989). Esta ferramenta é muito utilizada em várias aplicações do cotidiano como estruturação de modelo e supervisão de redes de computadores, sistemas de manufatura e supervisão de tráfego aéreo e ferroviário (Barroso, 1996; He and Lemmon, 1998; Costa, 2001; Góes, 2003; Góes e Costa, 2004), sistemas estes que podem ser descritos como SEDs, em que os modelos em redes de Petri são construídos baseados na formulação de (Zhou and DiCesare, 1993).

Os estudos a respeito dos SEDs temporizados formalizaram o controle para estes sistemas (Brandin and Wonham, 1994), através da estrutura de autômatos e linguagens formais (Hopcroft and Ullman, 1979) e, em outra instância, utilizando a álgebra de dióides (Costa, 2001). Neste último contexto, também foi introduzido o controle de SEDs com temporização variável (Costa, 2002a) utilizando os autômatos com temporização variável (Costa, 2002b; Costa, 2003). Entretanto, com a temporização das redes de Petri em suas várias modalidades (Merlin, 1976; Chrétienne, 1983; Berthomieu and Diaz, 1991; Dadid and Alla, 1992; Dadid and Alla, 1994; Dutilleul and Denat, 1998; Julia *et al.*, 1998), foram introduzidos outros formalismos de controle para os SEDs temporizados, como visto em (Cofrancesco *et al.*, 1991; Silva, 1999; Góes, 2003).

Entretanto, em se tratando da formalização do problema de controle de SEDs com temporização variável, as redes de Petri encontram o mesmo problema que os autômatos temporizados (Allur and Dill, 1994), que é o de não haver uma forma direta de representar tempos de vida que variem no tempo, como é o caso de desgastes de recursos no sistema ou processos químicos, etc. Assim, esses sistemas são, geralmente, representados por intervalos de tempos com um valor mínimo e um valor máximo para sua ocorrência, o que limita algumas de suas características específicas. Inclusive, como os autômatos não permitem a representação de sistemas concorrentes, caso em que as redes de Petri se mostram peça fundamental, torna-se necessário a definição de um nova formalização de tempo para esta

ferramenta, o que é introduzido aqui, denominada de Rede de Petri com Temporização Variável.

Conceitos

Para o entendimento da nova formalização introduzida neste trabalho, alguns conceitos são necessários, os quais são apresentados a seguir.

Redes de Petri

Uma rede de Petri (Murata, 1989) é definida como:

Definição 1 *Uma Rede de Petri é uma sextupla*

$$RP = (P, T, A, K, W, M_0), \quad (1)$$

em que $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ é um conjunto finito de lugares; $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ é um conjunto finito de transições; $A \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ é um conjunto de arcos; $K: P \rightarrow \mathbb{N} \cup \infty$ é a função de capacidade; $W: A \rightarrow \mathbb{N}^+$ é a função de ponderação; $M_0: P \rightarrow \mathbb{N}$ é a função de marcação inicial, que satisfaz $\forall p \in P: M_0(p) \leq K(p)$.

A representação gráfica de uma rede de Petri é dada por círculos que representam os lugares; barras ou retângulos que representam as transições; arcos direcionados de lugares para transições e vice-versa e círculos pretos (fichas) dentro dos lugares, representando as marcações.

A evolução dinâmica de uma rede de Petri é definida pelas seguintes regras de disparo das transições:

1. Uma transição t é dita estar habilitada (pronta para disparar) em uma marcação M se e só se

$$\forall p \in P \text{ que é entrada de } t: W(p, t) \leq M(p)$$

e

$$\forall p \in P \text{ que é saída de } t: M(p) \leq K(p) - W(t, p);$$

2. Uma transição habilitada pode ou não disparar;

3. O disparo de uma transição $t \in T$, habilitada na marcação M , é instantânea e resulta em uma nova marcação M' da rede dada pela equação

$$M'(p) = M(p) - W(p, t) + W(t, p), \forall p \in P;$$

4. A ocorrência do disparo de t , que modifica a marcação M da rede para uma nova marcação M' , é denotada por $M[t > M']$.

Exemplo 1 Na Figura 1 é apresentada uma rede de Petri antes e depois do disparo de uma transição, seguindo as regras da evolução dinâmica citadas anteriormente.

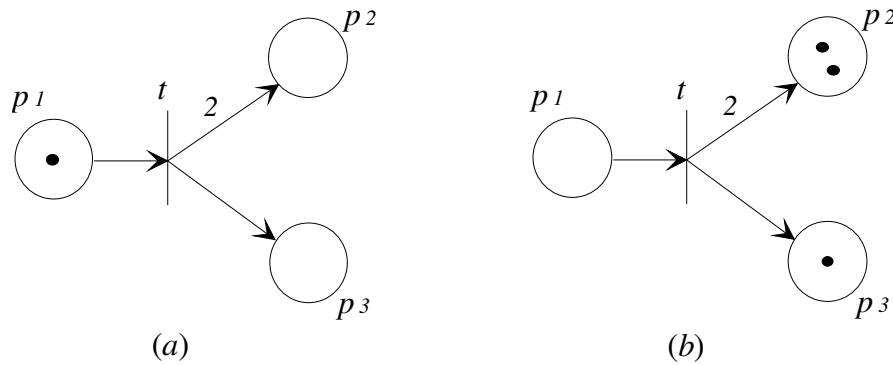


Figura 1: Exemplo de uma rede de Petri antes (a) e depois (b) do disparo da transição t .

Redes de Petri Temporais

Dentre os vários formalismos de temporização das redes de Petri, o presente trabalho propõe um formalismo direcionado ao fundamentado por (Merlin, 1976). Dessa forma, tem-se a seguir a definição desta rede:

Definição 2 Uma rede de Petri Temporal é uma dupla

$$RPT = (RP, IE)$$

em que RP é uma rede de Petri e $IE: T \rightarrow [\alpha, \beta]$ é um mapeamento que aplica a cada transição $t \in T$ um intervalo $[\alpha, \beta]$, tal que α é o limite inferior ou valor mínimo de tempo para o disparo de t após sua habilitação e β é o limite superior, tal que uma transição habilitada é obrigada a disparar.

Observa-se na definição da RPT que o valor do limite superior β pode ser considerado como sendo infinito (∞) na maioria dos casos em que se modela um sistema livre de controle (há sempre o tempo inferior para um evento se tornar habilitado, mas ele pode nunca ocorrer). Este caso, sendo o mais comum, é o que será considerado na definição do formalismo a que se propõe este trabalho.

A evolução dinâmica de uma RPT segue um conjunto de regras que pode ser encontrado em (Silva, 1999). A principal diferença é que para uma transição disparar, é necessário ela estar habilitada pelas condições normais descritas nas regras da evolução dinâmica da rede de Petri convencional, e que o tempo decorrido desde sua habilitação esteja entre os valores limites de seu intervalo. A representação da RPT é similar à das redes de Petri convencionais, incluindo ao lado das transições seu intervalo de tempo associado.

Exemplo 2 *Considerando que na Figura 1 haja o intervalo de tempo $[1, \infty)$ associado à transição t , então somente após decorrida uma unidade de tempo ela se torna habilitada podendo disparar (desde que ela está habilitada pelas condições normais das redes de Petri convencionais). Com seu disparo, a rede alcança a marcação da Figura 1(b).*

Com estas definições, pode-se introduzir o novo conceito formal da rede de Petri com temporização variável, em que aqui o intervalo de tempo será definido considerando o valor do limite superior β como infinito.

Introdução às Redes de Petri com Temporização Variável

Com o formalismo apresentado na Seção anterior, a seguir é formalizada a definição da rede de Petri com temporização variável, em que aqui, serão consideradas as bases de temporização das transições com intervalos de tempo variáveis, ou seja, limites inferiores e superiores determinados por funções temporais de forma similar às funções temporais das transições dos ATVs (Costa, 2002b). Sua definição formal é a seguinte:

Definição 3 *Uma Rede de Petri com Temporização Variável (RPTV) é uma dupla*

$$RPTV = (RP, T),$$

em que RP é uma Rede de Petri marcada e $\mathcal{T}=\{\tau_1, \dots, \tau_m\}: \tau_{i-1} \times T \rightarrow \mathbb{R}^+$ é um conjunto finito de funções de transições que associam a cada transição uma função de tempo de vida dependente do último tempo de vida decorrido com o disparo de uma transição disparada na marcação anterior.

A representação de uma RPTV é similar às RPTs, desde que sua estrutura é igual, mudando apenas os tempos de disparo das transições, que são agora definidos por funções temporais, as quais podem obter valores diferentes, de acordo com o último disparo de uma transição definida habilitada na marcação anterior. Quando uma transição não apresenta uma função temporal, entende-se que sua temporização é a definida para as redes convencionais (não temporizadas): intervalo $[0, \infty)$.

Exemplo 3 Um exemplo de uma RPTV é visto na Figura 2, onde se pode as funções temporais nas transições t_1 e t_2 , as quais são definidas por $\tau_1=\sin(\tau_2)$ e $\tau_2=\cos(\tau_1)$. Nesta RPTV, pode-se observar que os tempos mínimos de disparo das transições t_1 e t_2 , seguem a tabela a seguir:

Transição t_1 ($\tau_1=\sin(\tau_2)$)	Transição t_2 ($\tau_2=\cos(\tau_1)$)
0	1
0,84	0,66
0,62	0,81
0,73	0,75
...	...

onde se pode ver que os tempos mínimos de disparo (os intervalos inferiores) variam, podendo ser menores que o definido inicialmente (o que não é possível no caso das redes de Petri Temporais).

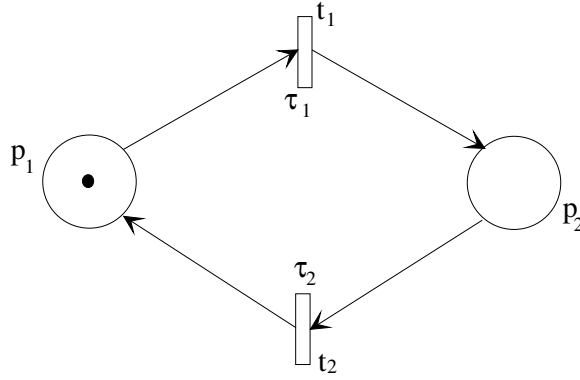


Figura 2: Exemplo de uma Rede de Petri com Temporização Variável.

Como se pode ver, com a definição da RPTV alguns tipos de sistemas temporizados que não encontram formalismos adequados de representação (tempo de vida variável, como os SEDs com temporização variável) podem ser representados da mesma forma que com os ATVs. Entretanto, com as RPTVs, sistemas concorrentes também são incluídos na representação, o que não é possível com os ATVs.

No Exemplo 2, foi apresentada uma tabela com os tempos mínimos de disparos das transições em casos de disparos imediatos (após habilitação). Assim, necessário se torna entender o formalismo mínimo da dinâmica desta nova classe de rede de Petri.

Uma RPTV apresenta um relógio global que é iniciado com a execução da RPTV. Cada transição apresenta um relógio local, inicialmente zerado, o qual só é ligado quando a transição é habilitada pelo processo comum das redes de Petri, ou seja, para uma marcação M se e só se

$$\forall p \in P \text{ que é entrada de } t: W(p, t) \leq M(p),$$

$$\forall p \in P \text{ que é saída de } t: M(p) \leq K(p) - W(t, p).$$

Quando o relógio local é ligado, seu valor é comparado com o valor do limite inferior do intervalo definido na transição habilitada. Se o tempo do relógio local atinge o valor do limite inferior definido na função temporal associada à transição, então ela pode disparar. Quando a transição dispara, seu relógio local é zerado. Também, com seu disparo, ela pode habilitar um novo conjunto de transições pelas regras normais de disparo das transições das redes de Petri. Para cada transição habilitada, um relógio local é ligado e, ao atingir os valores limites inferiores definidos por cada função temporal, cada uma pode disparar a qualquer momento.

Toda transição que, em seu disparo desabilite uma outra, elimina a possibilidade de disparo, logo zera seu relógio local. Em outros termos, o disparo de uma transição em conflito desabilita a outra, zerando ambos os relógios locais.

Exemplo 4 A RPTV da Figura 3 apresenta as funções temporais de transições dadas por $\tau_1 = \tau_{2,3}/2$, $\tau_2 = \ln(\tau_1 + 1)$ e $\tau_3 = \cos(\tau_1)$, com $\tau_{2,3}$ determinando o tempo do disparo de τ_2 ou τ_3 . Assim, considerando que no tempo inicial ($\tau=0$) seja dado início à execução da rede, então tem-se que $\tau_1 = 0$, e a transição t_1 pode disparar, pois satisfaz as regras de disparos das redes de Petri clássicas. Com seu disparo, seu relógio é zerado, e a rede atinge a marcação $M=[0 \ 1]^T$, onde habilita pelas regras de disparo das redes de Petri clássicas as duas transições t_2 e t_3 , iniciando seus relógios e definindo os valores dos tempos limites inferiores como sendo $\tau_2 = \ln(1)=0$ e $\tau_3 = \cos(0)=1$. Assim, a transição t_2 está habilitada bem antes da transição t_3 , podendo disparar imediatamente. Se ela disparar, o valor do tempo limite inferior para a transição t_1 que se torna habilitada é $\tau_1 = 0/2=0$. Entretanto, se a transição t_2 não disparar até seu relógio alcançar o tempo $\tau=1$, então a transição t_3 se torna habilitada e pode disparar. Neste caso, caso ela dispare (ou a transição t_2 neste instante) a transição t_1 é habilitada e o valor de seu tempo limite inferior é $\tau_1 = 1/2=0,5$. Após a passagem de 0,5 unidades de tempo, t_1 novamente pode disparar e, em seu disparo habilita novamente t_2 e t_3 , as quais têm agora seus tempos de vida dados por: $\tau_2 = \ln(1,5)=0,405$ e $\tau_3 = \cos(0,5)=0,88$. O mesmo processo é então repetido com estes novos valores e assim por diante.

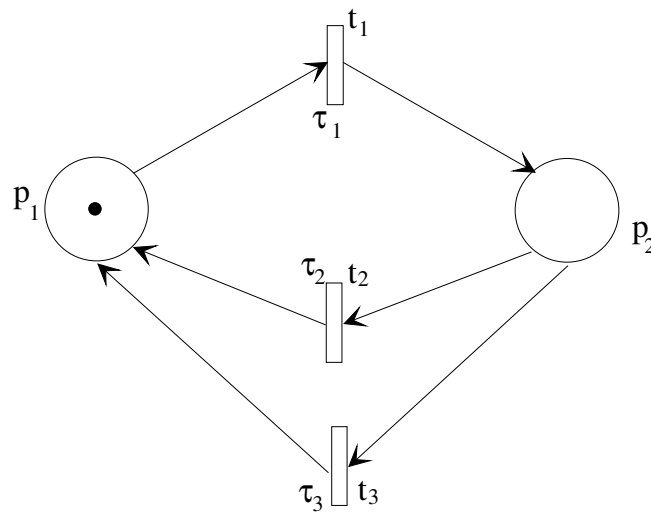


Figura 3: RPTV com duas transições (t_2 , t_3) em conflito: o disparo de uma delas desabilita a outra, zerando seu relógio local.

Exemplo de Modelo de um Pequeno Sistema Utilizando Redes de Petri com Temporização Variável

A seguir é apresentado um exemplo mais detalhado de um modelo de um pequeno sistema onde se explora melhor a classe de rede de Petri introduzida neste trabalho.

Exemplo 5 Considere o sistema que apresenta uma broca, onde peças podem entrar na linha de perfuração e, nesta perfuração tanto a peça pode ser furada gerando um produto final para consumo e liberando a broca para nova perfuração, como a broca pode quebrar. Com sua quebra, ela é levada para o conserto enquanto a peça em processamento se torna defeituosa e é descartada. Para este sistema, cujo diagrama de estados (em forma de diagrama de blocos) é visto na Figura 4, seu modelo em rede de Petri com Temporização Variável é apresentado na Figura 5.

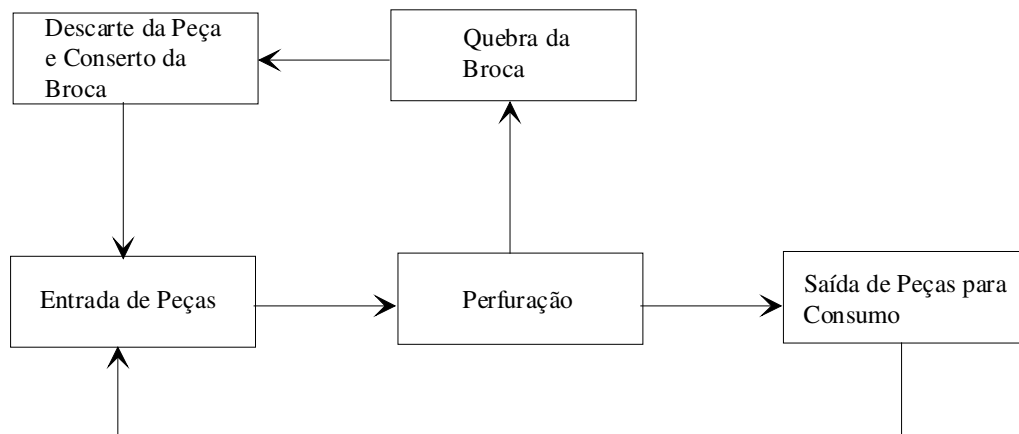


Figura 4: Diagrama de Estados em Forma de Diagrama de Blocos do Sistema da Broca.

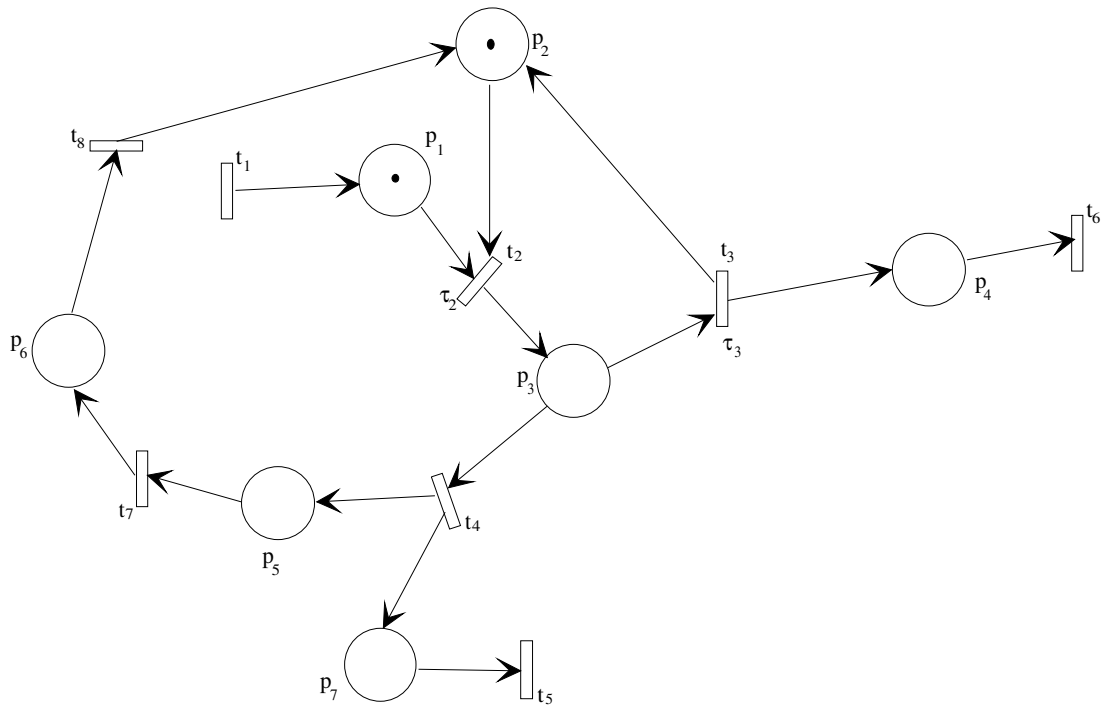


Figura 5: Modelo do Sistema da Broca em Rede de Petri com Temporização Variável.

Neste modelo, os lugares e as transições representam respectivamente:

Lugares:

- p_1 – peça pronta para ser perfurada;
- p_2 – furadeira;
- p_3 – peça sendo perfurada;
- p_4 – peça perfurada pronta para consumo;
- p_5 – furadeira quebrada;
- p_6 – conserto da furadeira;
- p_7 – peça defeituosa pela quebra da broca;

Transições:

- t_1 – entrada de peça na linha de perfuração;
- t_2 – início de perfuração;

- t_3 – término sucedido de perfuração;
- t_4 – quebra da broca;
- t_5 – descarte da peça defeituosa;
- t_6 – consumo de peça;
- t_7 – início de conserto da broca;
- t_8 – término de conserto da broca.

Com esta descrição, vê-se que sempre pode chegar peças para serem perfuradas no buffer de entrada (lugar p_1). Uma ficha no lugar p_2 indica que a furadeira está livre e uma ficha no lugar p_3 indica que uma peça está sendo perfurada (observe que apenas uma peça pode ser perfurada por vez). Várias peças podem ser perfuradas e acumuladas no buffer de saída (lugar p_4) antes de serem consumidas. Se há a quebra da broca da furadeira (lugar p_5), a peça se torna defeituosa (lugar p_7) podendo ser descartada. O conserto da furadeira se dá no lugar p_6 , que retorna à posição de “furadeira livre” (lugar p_2).

Para as transições, as funções temporais são definidas por:

$$\tau_2 = \begin{cases} 0,04\tau_3 + 1,5/\tau_3 & \text{para } \tau_3 > 0 \\ 0,5 & \text{para } \tau_3 = 0 \end{cases}$$

$$\tau_3 = \begin{cases} 5 & \text{para } \tau_2 \geq 0,5 \\ 5/(\tau_2 + 0,5) & \text{para } \tau_2 < 0,5 \end{cases}$$

e as demais têm limites padrões $[0, \infty)$.

As funções de transição τ_2 e τ_3 determinam um controle fechado de tempo para a melhor realização na evolução dinâmica do sistema de forma a evitar ao máximo a quebra da broca, mantendo sempre um tempo mínimo para nova perfuração. Esse tempo é uma avaliação empírica sobre a elevação de temperatura que pode levar mais facilmente à quebra da broca.

Conclusões

Nesse trabalho foi introduzido o conceito de uma nova classe de Rede de Petri: a Rede de Petri com Temporização Variável (RPTV). Esta nova classe de rede de Petri permite modelar sistemas a eventos discretos com temporização variável (SEDTV) concorrentes, o que não era possível com o autômato com temporização variável (ATV), introduzido em (Costa, 2002b).

A importância desta nova classe de rede de Petri se encontra na formalização de uma ferramenta que permite modelar SEDTVs que exibem concorrência, ampliando os horizontes dos estudos de modelagem e controle de SEDs temporizados.

Com o exemplo do sistema da furadeira apresentado, viu-se a prévia introdução de controle via função temporal, de maneira similar ao ATV (Costa, 2002; Costa, 2003), onde atualmente está se analisando e estruturando um formalismo algorítmico para a determinação de controle de SEDs temporizados utilizando este novo paradigma.

REFERÊNCIAS

ALUR, R. and DILL, D. **A theory of timed automata**. Theoretical Computer Science, 1994, vol. 126. p.183–235.

BACCELLI, F., COHEN, G., OLSDER, G.J. and QUADRAT, J.P. **Synchronization and Linearity. An Algebra for Discrete Event Systems**. John Wiley Sons, 1992.

BARROSO, G.C. **Uma Nova Abordagem para a Síntese de Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos**. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

BERTHOMIEU, B. and DIAZ, M. **Modeling and Verification of Time Dependent Systems Using Time Petri Nets**. IEEE Transactions on Software Engineering. mar. 1991. vol. 17. p. 259-273.

BRANDIN, B.A. and WONHAM, W.M. **Supervisory control of timed discrete-event systems**. IEEE Transactions on Automatic Control. fev.1994. vol. 39. p.329–342.

CHRÉTIENNE, P. **Les Réseaux de Petri Temporisés**. Thèse d'état. Université Paris VI, Paris. 1983.

COFRANCESCO, P., CRISTOFORETTI, A. and SCATTOLINI, R. **Petri Nets Based Approach to Software Development for Real-Time Control**. IEE Proceedings-D Control Theory and Applications. maio, 1991, vol.138. p.474-478.

COSTA, E.M.M. **Síntese de Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos Temporizados e Não Temporizados**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

COSTA, E.M.M. **Síntese de Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos Temporizados Utilizando Autômatos com Temporização Variável**. In: Congresso Brasileiro de Automática, 14. 2002 a, Natal. **Anais...** Natal: 2002 . p. 08.

COSTA, E.M.M. **Autômatos com Temporização Variável: Um Novo Formalismo para Representação de Sistemas Temporizados**. Revista Ciência e Engenharia, Universidade Federal de Uberlândia, MG: 2002 b. p. 27-34.

COSTA, E.M.M. **Utilizando Autômatos com Temporização Variável como Representação de Supervisores Temporalmente Adaptativos.** Revista Diálogos e Ciência, Faculdade de Tecnologia e Ciências, Feira de Santana, BA: nº 3, jul. 2003. p. 1-16.

DADID, R. and ALLA, H. **Petri Nets e Grafcet – Tools for Modeling Discrete Event Systems.** Prentice Hall, 1992.

DADID, R. and ALLA, H. **Petri Nets for Modeling of Dynamic Systems – A Survey.** Automatica, fev. 1994. vol. 30. p. 175-202.

DUTILLEUL, S.C. and DENAT, J-P. **P-Time Petri Nets and the Host Scheduling Problem.** In: SMC'98 Conference Proceedings of the IEEE. 1998. p. 558-563.

GÓES, G.B.S. **Uma Abordagem para a Síntese de Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos Utilizando Redes de Petri Síncronas.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Bahia, Salvador.

GÓES, G.B.S. e COSTA, E.M.M. **Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos com Decisão para Falhas em Sensores, Baseados em Redes de Petri Síncronas.** Revista Eletrônica Diálogos e Ciência, Faculdade de Tecnologia e Ciência de Feira de Santana, BA, Ano II, no. 4, Jun. 2004.

HE, K.X. and LEMMON, M.D. **Petri Net Based Modeling and Analysis of Switched Systems.** In: Proc. of the 1998 IEEE, ISIC/CIRA/ISAS Joint Conference, Gaithersburg, MD. p.140-145.

HOPCROFT, J.E. and ULLMAN, J.D. **Introduction to Automata Theory, Languages and Computation.** Addison-Wesley, USA, 1979.

JULIA, S., VALETTE, R. and FERNANDES, J.M. **Scheduling Batch Systems Using a Token Player Algorithm.** In: SMC'98 Conference Proceedings of the IEEE. 1998. p. 487-492.

MERLIN, P.M. **A Methodology for the Design and Implementation of Communication Protocols.** IEEE Transactions on Communications. jun., 1976. vol. 24. p. 614-621.

MURATA, T. **Petri Nets: Properties, Analysis and Applications.** In: Proceedings of the IEEE, abr. 1989. vol.77, p.541-580.

RAMADGE, P.J.G. and WONHAM, W.M. **Supervision of discrete event processes.** In: Proceedings of 21st Conference on Decision and Control, 1982. p.1228–1229.

RAMADGE, P.J.G. and WONHAM, W.M. **The control of discrete event systems.** In: Proceedings of the IEEE, jan.1989. vol.77. p.81–98.

SILVA, V.P. **Uma Abordagem para a Síntese de Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos a partir do Modelo Temporizado.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

ZHOU, M.C. and DiCESARE, F. **Petri Net Synthesis for Discrete Event Control of Manufacturing Systems.** Kluwer Academic Publishers. 1993.

Parte II

Produção Científica

Durante a realização desta terceira fase do Projeto DCR, foram produzidos os seguintes materiais, os quais estão classificados como artigos e livros, publicados, aprovados e submetidos, e softwares:

Artigos:

Revistas:

Publicados:

- **Revista Controle & Automação da SBA:**

1. *Synthesis of Supervisors for Time-Varying Discrete Event Systems*. Em co-autoria com Antonio Marcus N. Lima, Dr., UFCG.

- **Revista Diálogos e Ciência da FTC-FSA:**

1. *Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos com Decisão para Falha em Sensores, Baseados em Redes de Petri Síncronas*. Em co-autoria com Gilberto Bispo da Silva Góes - CEFET-BA.

Submetidos:

- **Revista Ciência e Engenharia da UFU:**

1. *Síntese de Supervisores Temporalmente Adaptativos para Sistemas a Eventos Discretos*.

2. *Um Formalismo de Decisão para Supervisores de Sistemas a Eventos Discretos*. Em co-autoria com Gilberto Bispo da Silva Góes - CEFET-BA.

- **Discrete Event Dynamic Systems: theory and applications Journal, Kluwer Academic Publishers:**

1. *Supervisor synthesis of discrete event systems based on dioid algebra*. Em co-autoria com Antonio Marcus N. Lima, Dr., UFCG (aprovado).

- **Revista Diálogos e Ciência da FTC-FSA:**

1. *Uma Extensão do Controle Supervisório Baseado em Invariante de Lugar para Rede de Petri Colorida*. Em co-autoria com Carlos E.T. Dórea e Renato G. de A. Melo.

2. *Redes de Petri com Temporização Variável*.

Eventos:

Publicados:

- **II STEC – II Seminário Técnico-Científico da Faculdade Área1**

1. *Modelagem de um Processo Químico Industrial via Autômatos com Temporização Variável*. Em co-autoria com Osmar Franca Siebel (Orientando PIBIC).

- **V SEMPPG (V Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação) e XXIII SEMEP (XXIII Seminário Estudantil de Pesquisa)**

1. *Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos com Temporização Variável via Autômatos com Temporização Variável e Simulação no Ambiente Windows*.

Livros:

Publicados:

1. *Programação em C para Windows*. Editora Érica, São Paulo, SP.

2. *Introdução às Redes de Petri e à Modelagem de Sistemas*. Em co-autoria com Antonio Marcus N. Lima, Dr., UFCG. Editora da Unibahia, Lauro de Freitas, BA.

3. *Introdução aos Sistemas a Eventos Discretos e à Teoria de Controle Supervisório*. Editora Alta Books.

Encaminhados para publicação:

1. *Sistemas Dinâmicos a Eventos Discretos*. Em co-autoria com Antonio Marcus N. Lima, Dr., UFCG. Editora da Universidade Federal da Bahia - EDUFBA, Salvador, BA. Ainda sem resposta (desde abril de 2002).

2. *Eletromagnetismo: Eletrostática e Magnetostática*. Editora Alta Books.

Novas Versões de Softwares:

Os softwares desenvolvidos durante o período de realização do projeto DCR estão disponíveis na página:

<http://www.geocities.com/emontyc>

RPFHT

O Software *RPFHT*, o qual é um editor de Redes de Petri para Windows com transformação para *Ladder*, já obteve duas atualizações ao longo desta última fase do projeto DCR. Atualmente, está sendo implementada uma estruturação mais profissional para este software.

RWDES

Da mesma forma que o *RPFHT*, o software *RWDES* também obteve duas atualizações, estando mais estruturado.

Biblioteca de Álgebra de Dióides em C

Esta biblioteca teve uma breve atualização, devendo ter novas inclusões brevemente.

RPSD

Está sendo implementado um Software, o qual é um similar do *RPFHT*, mas fundamentado sobre a estrutura de construção automática do supervisor de Barroso baseado nas RPFHT.

Parte III

Formação de Recursos Humanos

Introdução

A formação de recursos humanos como parte integrante deste projeto compreende a apresentação de cursos, mini-cursos e palestras a serem apresentados ao público em instituições de ensino do Estado da Bahia, bem como a orientação de alunos de graduação e pós-graduação e preparação de materiais para utilização em acompanhamento de cursos.

Disciplinas:

Durante a realização desta terceira fase do Projeto DCR, foram ministradas as disciplinas *Controle de Sistemas a Eventos Discretos* e *Redes de Petri e Modelagem de Sistemas* no Mestrado em Engenharia Elétrica, onde esta última disciplina foi assumida por outro professor no final do trimestre.

Também, neste último semestre do projeto DCR, fui credenciado no Mestrado em Mecatrônica da UFBA, tendo dividido a disciplina Sistemas Integrados de Manufatura, com o professor Dr. Herman Lepkison. Atualmente, encontro-me desenvolvendo pesquisas na área de Mecatrônica neste, tendo saído do Departamento de Engenharia Elétrica.

Palestras:

Durante o ano de 2003, foram apresentadas as seguintes palestras:

- A Automação Industrial e os Sistemas a Eventos Discretos - no I Seminário Técnico Científico (I STEC) da Faculdade Área1 em Salvador, BA;
- A Iniciação Científica e a Formação do Profissional - no I Seminário Técnico Científico (I STEC) da Faculdade Área1 em Salvador, BA.

Durante o ano de 2004, foram apresentadas as seguintes palestras:

- *O Dia do Eletricista* – na Empresa Sativa Engenharia, Salvador, BA;

Cursos Assistidos e Participação em Eventos:

Durante o ano de 2004, foi assistido o seguinte curso:

- Treinamento de Especificação Básico da Schneider Electric.
- Inauguração e I Seminário sobre Automação Industrial.
- II Seminário Técnico Científico (II STEC) da Faculdade Área1.
- V Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação (V SEMPPG) e XXIII Seminário Estudantil de Pesquisa (XXIII SEMEP).

Orientações:

Também, como parte integrante da formação de recursos humanos, a orientação de trabalhos de pesquisa na área é de importância fundamental. No caso do Mestrado durante este último ano, não houve alunos no Mestrado de Engenharia Elétrica que me procurassem

para orientar. Entretanto, foi finalizada a orientação do aluno da graduação de Engenharia Elétrica da UFBA: Osmar Franca Siebel no segundo ano do projeto PIBIC:

Controle de Sistemas a Eventos Discretos Temporizados,

que foi finalizado com sucesso, tendo sido apresentado no XXV Seminário de Iniciação Científica da UFBA.

Atualmente, encontro-me no Mestrado em Mecatrônica, Departamento de Engenharia Mecânica, onde estou dando apoio aos alunos em desenvolvimento de projetos utilizando Redes de Petri, e onde deverei co-orientar (segundo as regras do Mestrado) inicialmente alguns alunos (ainda não formalizado).

Considerações Finais

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, durante estes três anos (Janeiro de 2002 a Novembro de 2004), realizaram-se várias atividades técnico-científicas de grande valia, tanto para a formação de recursos humanos, como para o aumento na produção científica do Departamento de Engenharia Elétrica da UFBA.

Neste projeto, foram desenvolvidas as teorias dos Autômatos com Temporização Variável e Redes de Petri com Temporização Variável. No primeiro caso, foram desenvolvidos os devidos procedimentos para a construção do Supervisor de Sistemas a Eventos Discretos, baseados na Álgebra de Dióides. No segundo caso, ainda estão sendo analisadas tais estruturas.

No total, foram obtidas seis publicações em Congressos e seis publicações em Revistas/Periódicos, referentes ao projeto, tendo ainda vários outros submetidos. Neste ínterim, foram publicados três livros, tendo ainda um submetido à EDUFBA, desde 2002 que ainda não deu respostas e outro à Altabooks, bem como foram preparadas oito apostilas didáticas que são utilizadas em disciplinas e cursos de extensão. Além do mais, houve uma orientação PIBIC e uma de Mestrado, concluídas. Atualmente, estão sendo preparados alguns artigos que serão submetidos ao Seminário Nacional de Controle e Automação (IV SNCA) a ser realizado em Salvador, BA, em 2005. Além do mais, há o projeto de desenvolvimento de mais três livros didáticos, dos quais, um é em conjunto com dois professores de instituições de Salvador.

Várias palestras foram apresentadas ao longo deste período, abrangendo tanto a divulgação interna de pesquisa no Departamento de Engenharia Elétrica, como palestras acerca de assuntos variados para outras IES na cidade de Salvador e circunvizinhas, em que fui convidado, além de cursos de extensão apresentados para divulgação do conhecimento.

Além destas contribuições científicas, vários processos de avaliação de trabalhos para Eventos foram realizadas, bem como trabalhos em Comissões Técnicas.

Pôde-se observar a grande divulgação da pesquisa ao longo destes três anos, o que trouxe um grande arcabouço teórico-prático para o Estado da Bahia, embora tenha sido um projeto puramente teórico. Tal desenvolvimento de ferramentas trouxe uma nova perspectiva no desenvolvimento de controle de Sistemas a Eventos Discretos, abrindo uma nova visão para a classe denominada de Sistemas a Eventos Discretos com Temporização Variável.

Muito embora a Instituição em que fui lotado pelo projeto tenha declarado a absorção definitiva, tal fato não se tornou real, porque no primeiro ano (2002) me submeti ao concurso público no Departamento e fui sumariamente reprovado! Isto me fez não me submeter a outro concurso, mas permaneci lá para realizar a conclusão da pesquisa, como compromisso com o CNPq, órgão fomentador da pesquisa.

Atualmente, tenho tido forte apoio no Departamento de Engenharia Mecânica, onde leciono no Mestrado em Mecatrônica e tenho a perspectiva de co-orientar e orientar vários alunos de mestrado e de iniciação científica. Além do mais, neste Departamento, estou preparando projetos aplicativos de grande valia para a formação de profissionais, dando minha contribuição.

No geral, afirmo a imensa contribuição em minha formação pessoal, profissional e acadêmico-científica e ao Estado da Bahia, gerada pelo desenvolvimento deste Projeto de Pesquisa junto à Universidade Federal da Bahia, e fomentada pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), o que exponho com grande satisfação.