

MODELAGEM POR REDES DE PETRI DE UMA CÉLULA PRODUTIVA

Giuliane P. Garbi

Universidade de Taubaté - R: Daniel Danelli S/N - Cep 12060-440

Francisco Jose Grandinetti

Universidade de Taubaté - R: Daniel Danelli S/N - Cep 12060-440 – grand@unitau.br

Resumo

Com o objetivo de atingir maior eficiência produtiva, realiza-se a análise da performance e execução de um processo de identificação e transporte de diferentes tipos de produtos baseado em Redes de Petri. Este trabalho consiste na modelagem de um sistema flexível de manufatura (FMSs) com a aplicação das ferramentas matemáticas e gráficas de Redes de Petri na interação dos diferentes sistemas e equipamentos envolvidos no processo, identificando as limitações, segurança (deadlocks), as concorrências e paralelismos do sistema, simulando todos as etapas e caminhos possíveis e os estados que o modelo pode atingir, assim pode-se prever situações de possíveis impasses no processo. O sistema proposto representa uma célula produtiva, cuja principal tarefa é a identificação e o transporte de três diferentes tipos de produtos, os sensores têm como característica informar ao CLP (Controlador Lógico Programável) o posicionamento, as condições e os momentos em que se encontra o andamento do processo nas duas esteiras, o CLP tem a finalidade de processar os sinais de entrada, controlar e supervisionar os atuadores, ou as saídas do processo, o manipulador robótico tem como principal tarefa o transporte dos produtos envolvidos nas duas esteiras utilizadas no processo e o sistema pneumático é responsável pelos elementos de trabalho e controle presentes nas esteiras e na ferramenta fixada no manipulador para capturar produto no momento do transporte.

Palavras-chaves: *Redes de Petri, sistema flexível de manufatura, modelagem, processo produtivo, célula produtiva.*

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Redes de Petri foi introduzido por Carl Adam Petri et al (1962). Basicamente, o conceito refere-se à comunicação entre componentes assíncronos de um sistema computadorizado, é a descrição de relacionamento entre causa e efeito entre os componentes assíncronos, desde então as principais instituições tecnológicas e acadêmicas possuem trabalhos publicados sobre o assunto, através de representação matemática e gráfica é possível modelar qualquer sistema com Redes de Petri.

A análise das propriedades da Rede de Petri apresenta importantes informações sobre a estrutura dinâmica do sistema modelado, estas informações são usadas para avaliar o modelo do sistema e obter algumas sugestões de mudanças, através de termos matemáticos e gráficos, onde com as propriedades de Redes de Petri podem-se verificar características relevantes dos fenômenos do sistema estudado. Com a manipulação desta representação matemática, espera-se obter o conhecimento que o fenômeno modelado terá referente aos custos, perigos ou inconvenientes na fase de execução do projeto.

Uma das aplicações mais usuais são os sistemas flexíveis de manufatura (FMSs), que utilizam extensivamente a modelagem, em uma célula de manufatura tem-se sofisticados equipamentos e um computador avançado tecnologicamente preparado para processar as operações da célula de manufatura e ser amigável com os usuários, estes equipamentos são conhecidos como máquinas ferramentas ou CNC (Computer Numerical Control) com aplicações em computadores, robôs e veículos guiados automaticamente que tem uma infinidade de aplicação produtiva.

Com a aplicação de Redes de Petri aos sistemas flexíveis de manufatura consegue-se minimizar os problemas complexos relacionados ao planejamento, desenvolvimento, montagem, controle e

monitoração dos sistemas que possuem componentes assíncronos e concorrentes nos sistemas flexíveis de manufatura. As Redes de Petri não tem aplicação somente em sistemas de manufatura, têm-se trabalhos na área de astronomia com modelos de interação entre planetas e estrelas levando em consideração valores de grandes massas dos astros e de longos períodos de tempo; física nuclear com a criação de partículas atômicas e sub-atômicas para períodos curtos de tempo; sociologia com os problemas éticos causados pela manipulação direta de grupos de indivíduos; biologia quando sistemas vivos necessitam de pequenos espaços, tempo e comida para sobreviverem.

Existem diversos trabalhos científicos com utilização e aplicação de Redes de Petri na área de desenvolvimento de software e aplicativos, no entanto são apenas algumas as aplicações de Redes de Petri na área de automação industrial como em Jehng et al (2000) apresenta no seu trabalho a redução do tempo de produção na sequência de um sistema de prensagem com Redes de Petri e em Yamada et al (2002) apresenta no trabalho aplicação dos conceitos de modelagem e Redes de Petri na análise do processo produtivo da indústria sucroalcooleira.

1.1. Características de Redes de Petri

Peterson et al (1981) descreve que uma Rede de Petri é um modelo do tipo estado-evento, onde cada evento possui pré-condições que vão permitir sua ocorrência e pós-condições decorrentes desta Fig. (1), é vista também como um tipo particular de grafo orientado que permite modelar as propriedades estáticas de um sistema a eventos discretos, constituído de dois tipos de nós: as transições (eventos que caracterizam as mudanças de estado do sistema), e os lugares (condições que devem ser certificadas para os eventos acontecerem) interligados por arcos direcionados ponderados.

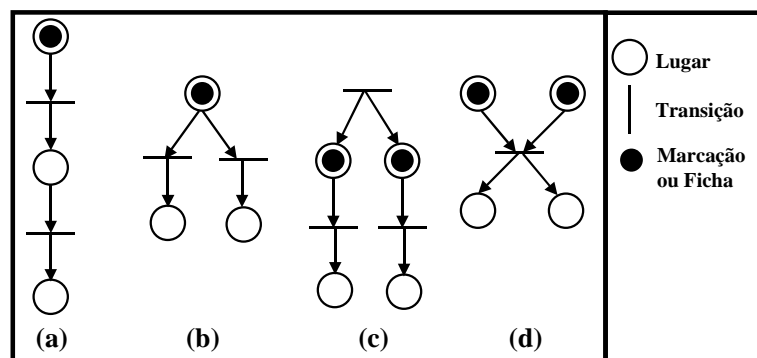


Figura 1. Relação de causalidade de Redes de Petri.

Permitindo representar com facilidade todas as relações de causalidade entre processos em situações de: sequencialidade (figura 1.1.a), conflito (figura 1.1.b), concorrência (figura 1.1.c) e a sincronização (figura 1.1.d).

Portanto uma Rede de Petri (simples ou autônoma) é composta de cinco partes: Um conjunto de lugares P , um conjunto de transições t , uma aplicação de entrada I , uma aplicação de saída O e um conjunto de marcações M que representa as marcações dos lugares P conforme a Eq. (1).

$$R=(P, T, I, O, M) \quad (1)$$

1.2. Redes de Petri do Tipo Ordinárias ou Primitivas

Para o trabalho aqui apresentado utilizam-se as Redes de Petri Ordinárias, também chamadas de primitivas ou autônomas possuem baixo poder de modelagem por representarem apenas relações de causa e efeito entre os eventos e as condições.

Em Murata et al (1981) obtém-se que sua utilização é restringida, portanto, a diversos tipos de sistemas pertencentes à classe de sistemas (dinâmicos) de eventos discretos, onde sincronização externa e o tempo não intervêm.

2. PROPOSIÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo aplicar a teoria de Redes de Petri em uma célula produtiva considerada como um sistema flexível de manufatura, para obter o melhor resultado de eficiência produtiva entre a interação dos diferentes sistemas e equipamentos envolvidos no processo (manipulador robótico, esteiras, controlador lógico programável (CLP), sensores, cilindros e válvulas pneumáticas). Conforme a Fig. (2) esta célula produtiva tem como tarefa identificar, através da Esteira 1, e transportar para a Esteira 2 o produto selecionado através de um Manipulador Robótico. O produto é inserido manualmente na Posição Inicial, passa pelos sensores S1, S2 e S3, que identificará o tamanho, através da combinação entre os sinais dos sensores, que serão enviados para o CLP. Após esta fase a Esteira 1 transporta o produto selecionado para os Cilindros (produto 1, produto 2 e produto 3) que conforme o tamanho este será retirado através de um dos Cilindros da Esteira 1. Após o produto ser retirado o Manipulador Robótico irá pegar o produto e transportar para o Ponto 1 da Esteira 2, onde o sensor S7 irá identificar a presença deste produto e encaminhar a presença ao CLP. O Manipulador Robótico possui três graus de liberdade de posicionamento, de configuração cilíndrica (θ , r , z), na extremidade do Robô montou-se um sistema de manipulação de objeto composto por uma haste que ao ser comandada aciona um sistema de vácuo para sucção e fixação do produto. Na Esteira 2 o produto será identificado por S7, transportado para S8 via Esteira 2 e após a identificação do produto em S8, a Esteira 2 pára e o Robô Manipulador é acionado para novamente pegar o produto e transportar para o local de do sensor S9 (considerada como uma posição de Estocagem). Então o Manipulador Robótico retorna para a Posição de Repouso e se houver produto na Posição Inicial é reiniciado o processo, o sistema também pode trabalhar com dois produtos, ou seja, enquanto está sendo realizada as demais etapas na Esteira 2, se houver um produto na Posição Inicial o processo é inicializado, trabalhando assim com as duas esteiras em paralelo. O CLP receberá informações de todos os sensores, enviará informação de atuação para os Cilindros e dependendo da modelagem enviará um sinal de movimentação do Robô. O Robô possui uma pré-programação em linguagem C dos pontos a serem atingidos e possui um sistema de controle de posição próprio.

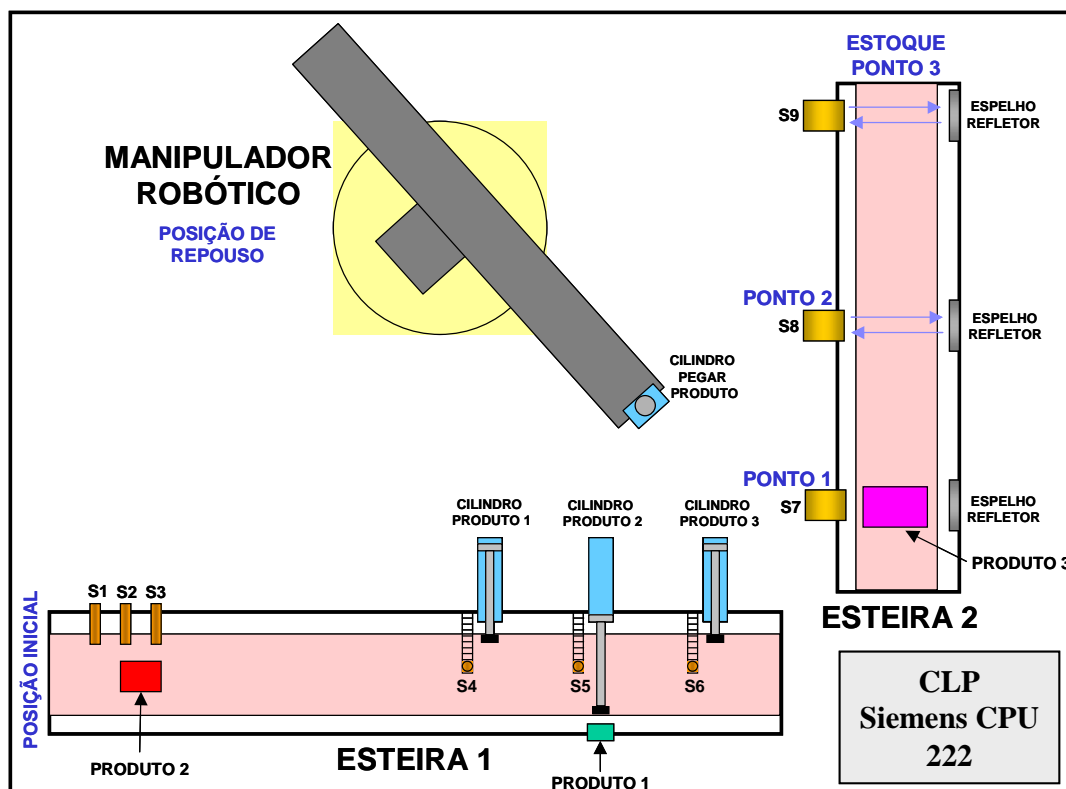


Figura 2. Esquema da célula produtiva.

3. APLICAÇÃO E ANÁLISE DE REDES DE PETRI NO SISTEMA ESTUDADO

Para a aplicação de Redes de Petri no sistema proposto, para uma melhor compreensão primeiramente descrevem-se as etapas do processo que pode ser verificado no fluxograma do processo na Fig. (3), a partir deste fluxograma é possível construir o grafo da Rede de Petri do caso estudado Fig. (4), onde são relacionadas às etapas do processo definindo-se os lugares e as transições, baseado no modelo apresentado na Fig. (1).

Através do grafo da Rede de Petri da Fig. (4) verificam-se as propriedades de Redes de Petri pertencentes ao caso estudado: Matriz de incidência Fig. (5), a Árvore da alcançabilidade, o Vetor peso Eq. (3), os Invariantes de lugares e transições, as limitações, seguranças, vivacidade e eventos de concorrência e paralelismo do processo.

Tais propriedades são fundamentais para que se possa encontrar através de simulações todas as seqüências ou caminhos possíveis para a maior eficiência do processo e os estados em que se encontra o sistema modelado.

A seguir têm-se as etapas do sistema proposto no Fluxograma do processo Fig. (3).

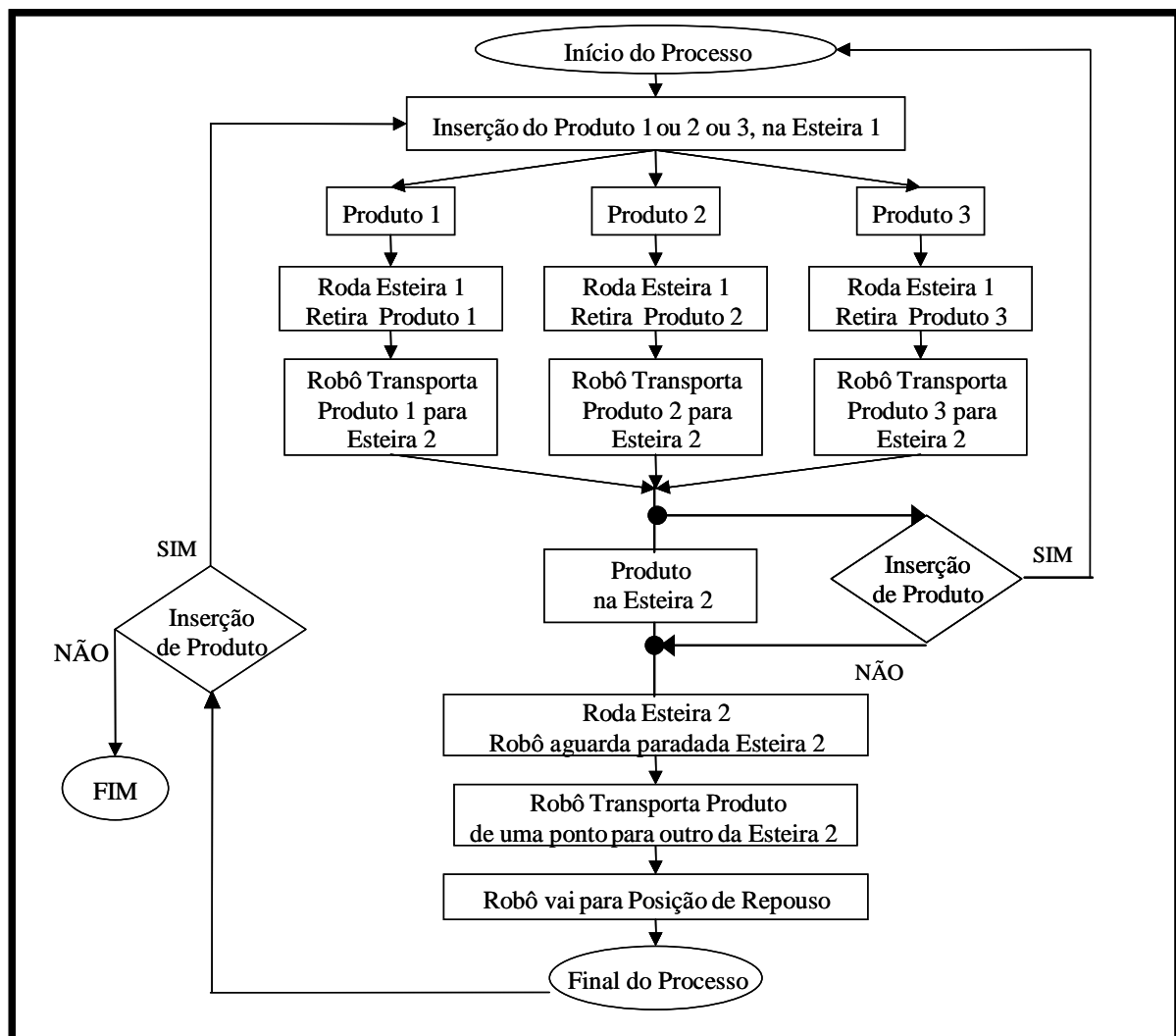


Figura 3. Fluxograma do processo.

Aplicando os conceitos das ferramentas gráficas na Fig. (1), tem-se grafo da Rede de Petri Fig. (4) do sistema estudado.

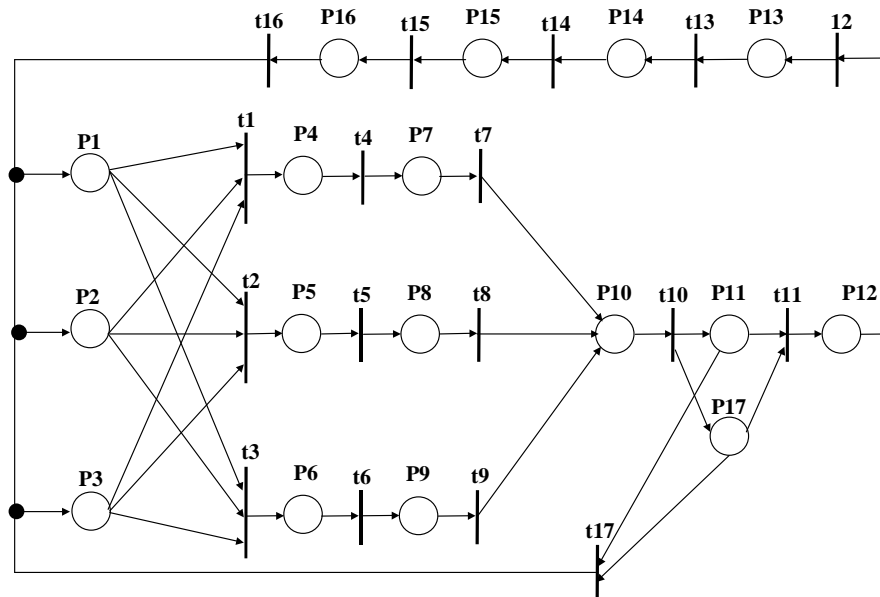


Figura 4. – Grafo de Redes de Petri do processo.

A seguir tem-se a descrição para cada lugar e transição pertencente à Rede de Petri da Fig. (4).

P1 – Produto 1 inserido na Esteira 1; P2 – Produto 2 inserido na Esteira 1; P3 – Produto 3 inserido na Esteira 1; P4 – Esteira 1 movimentada e retira produto 1 com Cilindro; P5 – Esteira 1 movimentada e retira produto 2 com Cilindro; P6 – Esteira 1 movimentada e retira produto 3 com Cilindro; P7 – Robô pega produto 1 na Esteira 1; P8 – Robô pega produto 2 na Esteira 1; P9 – Robô pega produto 3 na Esteira 1; P10 – Robô transporta produto para Ponto 1 da Esteira 2; P11 – Esteira 2 movimentada produto para Ponto 2; P12 – Robô transporta produto para Ponto 3 (estoque); P13 – Robô Posição de Repouso; P14 – Produto em estoque; P15 – Final de Ciclo; P16 – Reinicialização de ciclo habilitado; P17 – Realimentação para trabalho paralelo da Esteira 1 e Esteira 2 com dois produtos.

t1 – Movimentação da Esteira 1 e retirada do produto 1 pelo Cilindro ; t2 – Movimentação da Esteira 1 e retirada do produto 2 pelo Cilindro; t3 – Movimentação da Esteira 1 e retirada do produto 3 pelo Cilindro; t4 – Robô é acionado para pegar produto 1 na Esteira 1; t5 – Robô é acionado para pegar produto 2 na Esteira 1; t6 – Robô é acionado para pegar produto 3 na Esteira 1; t7 – Robô é acionado para transportar produto 1 para Ponto 1 da Esteira 2; t8 – Robô é acionado para transportar produto 2 para Ponto 1 da Esteira 2; t9 – Robô é acionado para transportar produto 3 para Ponto 1 da Esteira 2; t10 – Aciona movimento do produto para Ponto 2 da Esteira 2; t11 – Robô é acionado para transportar produto para Ponto 3 (estoque); t12 – Aciona Robô para Posição de Repouso; t13 – Produto na área de estoque; t14 – Indicação de Final de Ciclo; t15 – Identificação de reinicialização de ciclo; t16 – Acionado a Reinicialização; t17 – Ciclo paralelo da Esteira 1 e Esteira 2 com dois produtos.

3.1. Propriedades da Rede de Petri no Sistema Proposto

A representação algébrica da estrutura gráfica de Redes de Petri é organizada em uma Matriz de Incidência C Fig. (5), conforme a Eq. (2) a composição desta matriz é a subtração direta da relação de saídas O aplicada sobre cada transição t e a relação de entradas I sobre cada transição t. A dedução algébrica da Matriz de Incidência é fundamental para a obtenção da Árvore da Alcançabilidade, e então pode-se simular as seqüências ou os caminhos do processo. A matriz de incidência associada a uma Rede de Petri corresponde então a sua estrutura, independente da

marcação dos lugares P. Na Matriz de Incidência C Fig. (5), cada coluna vai corresponder à modificação de uma marcação quando a transição associada é disparada.

$$C = O(t, P) - I(P, t) \quad (2)$$

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
t1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t3	-1	-1	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t4	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t5	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t6	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t7	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	-1
t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
t16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
t17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1

Figura 5. – Matriz de incidência – C.

A Árvore da Alcançabilidade é fundamental e básica para estudar as propriedades dinâmicas de qualquer sistema modelado por Redes de Petri. O disparo de uma transição habilitada mudará a distribuição das fichas (marcação) na rede de acordo com o grafo de Redes de Petri do sistema Fig. (4) e da Matriz de Incidência Fig. (5). Na definição de Redes de Petri na Eq. (1) denomina-se de alcançabilidade de uma marcação M ao multiconjunto de todas as marcações geradas a partir de M.

Assim, uma marcação M_n é dita ser alcançável desde uma marcação M_0 , se existe uma seqüência de disparos que transforma M_0 em M_n . Um disparo ou seqüência de ocorrência é denotado por $s = M_0 t_1 M_1 t_2 M_2 \dots t_n M_n$, ou simplesmente $s = t_1 t_2 t_3 \dots$. Neste caso M_n é alcançável desde M_0 por "s", podendo-se montar então a Árvore da Alcançabilidade do processo Fig. (6).

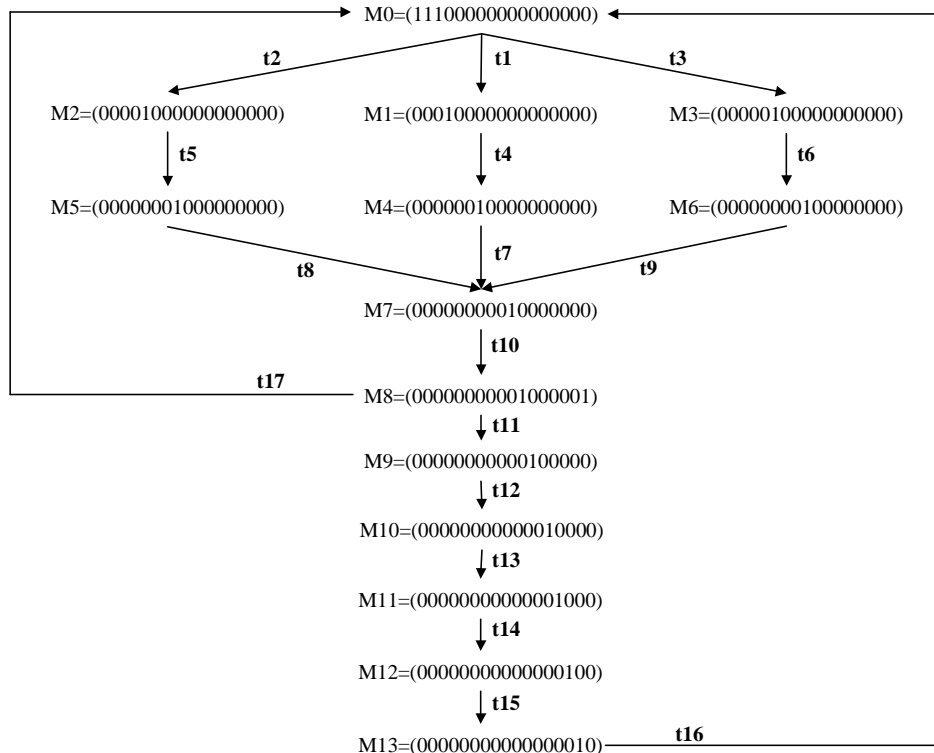


Figura 6. – Árvore da Alcançabilidade do processo.

4. RESULTADOS

Então através da Arvore da Alcançabilidade Fig. (6) e da Matriz de Incidência Fig. (5), podem-se coletar os resultados pela análise das propriedades da Rede de Petri existentes no processo estudado, como também a simulação dos possíveis caminhos ou seqüências ocorridos na célula produtiva Fig (1) pelas transições t_i e pelas marcações M_i nos lugares P_i :

- I. O grafo de Redes de Petri do processo Fig. (4) é um sistema autônomo, ou seja, tempo nem sincronização estão envolvidos no processo estudado, também na Tab. (1) tem-se o resultado desejado, as seqüências de disparos que o processo deve seguir;

Seqüência 1	t1, t4, t7, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 2	t2, t5, t8, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 3	t3, t6, t9, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 4	t1, t4, t7, t10, t17
Seqüência 5	t2, t5, t8, t10, t17
Seqüência 6	t3, t6, t9, t10, t17

Tabela 1. Seqüências de disparos do processo.

- II. A Rede de Petri é viva e reinicializável para a marcação $M_0 = (111000000000000000)$ através das seqüências de disparos S_i na Tab. (1) das transições t_i que representam os caminhos que o processo pode percorrer na seqüência da célula produtiva na Fig. (1):
- III. Para verificação da conservação da Rede de Petri marcada do grafo do processo Fig. (6), é necessário que se encontre o vetor peso $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$, para a qual a soma dos pesos em toda marcação M alcançável seja constante Eq. (3). Encontra-se o vetor peso W através da multiplicação da Matriz Incidente Fig. (4) pelo peso relacionado a cada lugar P , também é uma Rede de Petri limitada com peso 3 conforme Eq. (4) e com segurança, pois não possui deadlocks.

$$C^T \cdot W = 0 \quad (3)$$

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
	X																
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
t1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t3	-1	-1	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t4	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t5	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t6	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t7	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	-1
t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
t16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
t17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-1

Figura 7. – Matriz do vetor peso W .

$W4 = W1 + W2 + W3$; $W5 = W1 + W2 + W3$; $W6 = W1 + W2 + W3$; $W4 = W7$; $W5 = W8$; $W6 = W9$; $W7 = W10$; $W8 = W10$; $W9 = W10$; $W10 = W11 + W17$; $W11 = W12$; $W12 = W13$; $W13 = W14$; $W14 = W15$; $W15 = W16$; $W16 = W1 + W2 + W3$; $W11 + W17 = W1 + W2 + W3$;

Através do conjunto das equações acima, pode-se deduzir o vetor peso W , Eq. (4);

$$W^T = (1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 1) \quad (4)$$

Como os elementos do vetor peso W são inteiros e não negativos a Rede de Petri tem a propriedade conservativa.

- IV. Os invariantes são propriedades derivadas diretamente da estrutura da Rede de Petri e que, portanto não dependem de sua marcação inicial. Os invariantes de transição, ou T-invariantes representados na Tab. (2) por Y são seqüências de disparos das transições que não modificam a marcação da Rede de Petri, tal marcação corresponde a uma seqüência cíclica de eventos e através da Árvore da Alcançabilidade Fig. (6), um invariante de lugar é uma função linear de marcação dos lugares, cujo valor é uma constante que depende apenas da marcação inicial da rede. Os L-invariantes representados por X na Tab. (2) tem uma função importante, pois se chama de componente conservativa da Rede de Petri, seguem abaixo:

$Y1 = (1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$	$X1 = (0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$
$Y2 = (0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$	$X2 = (0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$
$Y3 = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$	$X3 = (0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$
$Y4 = (1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$	$X4 = (0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$
$Y5 = (0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$	$X5 = (0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$
$Y6 = (0, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$	$X6 = (0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 0)$

Tabela 2. T-Invariantes de lugar e transição.

- V. O grafo da Rede de Petri Fig (6), põe também em evidência propriedades como a concorrência e o paralelismo. Sem sincronização e difusão através do disparo em forma independente de $t1$, $t2$ e $t3$ quando é alcançada a marcação $M0 = (111000000000000000)$ e também com o disparo de $t11$ e $t17$ quando é alcançada a marcação $M8 = (00000000001000001)$ de uma forma independente. Também mostra a existência de conflitos estruturais, já que as transições $t1$, $t2$ e $t3$ têm três lugares de entrada em comum os lugares $P1$, $P2$ e $P3$; tem-se a transição $t10$ com o lugar de saída $P11$ e $P17$ em comum; tem-se a transição $t17$ com o lugar de entrada $P11$ e $P17$ em comum e tem-se a transição $t16$ com o lugar de saída $P1$, $P2$ e $P3$ em comum.

5. CONCLUSÃO

A Rede de Petri permite uma visualização de baixa abstração e acompanhamento dinâmico da interação das diferentes atividades produtivas, identificação dos produtos, movimentação das esteiras e transporte dos produtos realizados pelo manipulador robótico, que possuem características predominantemente discretas.

Para sistemas de natureza híbrida, sistemas diferentes interagindo como no caso estudado, com esteiras acionadas por motores elétricos, controladores lógicos programáveis, manipulador robótico e um sistema pneumático com elementos de comando e trabalho as Redes de Petri podem representá-los de uma forma global, inserida no contexto de sistemas discretos de estado-evento.

6. REFERÊNCIAS

- Murata, T., 1981, “Petri nets: Properties, Analysis and Applications”, IEEE, 77(4), 541 – 579.
- Peterson, J. L., 1981, “Petri net Theory and Modeling of Systems”, Prentice-Hall.
- Ranchandani, C., 1974, “Analysis of Asynchronous Concurrent Systems with Petri Nets”, Doctoral Dissertation, Cambridge.
- Jensen, K., 1981, “Coloured Petri Nets and the Invariant Methods”, Theoret Comput, Sci, v. 14, p 517.
- Jehng, W-K., 2000, em “Petri Net Models Applied to Analyze Automatic Sequential Pressing Systems”.
- Kawamoto, P. N., Fuwa, Y., Nakamura, Y., 1998, no trabalho “Basic Petri Net Concepts”, Shinshu University, Nagano , Japão.
- Tacla, C. A., Tazza, M., Kunzle, L. A., 1998, apresentam no trabalho “Control System for FMS Workstations”, CEFET-PR, Curitiba, Paraná, Brasil.
- Iorcache, M. V., Moody, J. O., Antsaklis, P. J., 2002, no trabalho “Synthesis of Deadlocks Prevention Supervisors Using Petri Nets”.
- Hju, L., Gorton, I., 1997, em “Performance Evaluation for Parallel System: a Survey”.
- Oikawa, M. K., Ferreira, J. E, 2002, no trabalho “Bioinformatics Application Framework through GenPipe Approach”, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Adamski, M., 2002, no trabalho “Formal Methods in Specification and Synthesis of Petri Nets Reprogrammable Logic Controllers”, Technical University of Zieloga Góra, Zieloga Góra, Poland.
- Scaico, A., Turnell, V. F. M., 2001, apresetam no trabalho “Análise do Tempo na Interação do Usuário com Sistemas de Automação Industrial” Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, Brasil.
- Yamada, C. M., 2002, apresenta no trabalho “Aplicação dos Conceitos de Modelagem e Redes de Petri na Análise do Processo Produtivo da Indústria Sucroalcooleira”.
- Raposo, B., Magalhães, L., Ricarte, I., 2000, “Coordinating Activities in Collaborative Environments: A Hig Level Petri Net Based Approach, Universidade de Campinas, São Paulo, Brasil.
- Marranguello, N., de Oliveira, L., Damiani, F., 2000, em “ On the Use Petri Net Description of Digital Systems”, Universidade de Campinas, São Paulo, Brasil.
- Anisimov, N. A., Kovalenko, A. A., 1995, em “Towards Petri Net Calculi Based Sybchronization via Place”, Institute of Automation and Controll Systems Academy of Sci, Vladisvostock, Russian.
- Hu, L., Gorton, I., 1997, em “Performance Evaluation for Parallel Systems: A Survey, University of N. S. W., Sydney, Australia.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

PRODUCT CELL MODELING FOR PETRI NET

Giuliane P. Garbi

Universidade de Taubaté, R: Daniel Danelli S/N - Cep 12060-440

Francisco Jose Grandinetti

Universidade de Taubaté, R: Daniel Danelli S/N - Cep 12060-440 – grandi@unitau.br

Abstract

With the objective to reach productive efficiency greater, it is become fulfilled analyze of the performance and execution of a process of identification and transport of different types of products based in Petri nets. This work consists of the modeling of a system flexible of manufacture (FMSs) with application of the mathematics and graphics tools of involved Petri nets in interaction of the different systems and equipment in the process, identifying limitation, security, the concurrent and parallelisms of the system, simulating all the stages and possible ways and the states that the model can reach, thus can be foreseen situation of possible impasses in the process. The considered system represents one cell productive, whose main task is the identification and the transport of three types of products, sensors has as characteristics to inform to CLP (Controlled Logic Programmable) the positioning, conditions and the moments where if it finds the course of the process in the two mats, the CLP has the purpose to process the entrance signals, to control and to supervise the actuators, or exits of the process, the robotic manipulator has as main task the transport of the involved products in the two mats used in the process and the pneumatics system responsible for the work elements and control gifts in the mats and the tool fixed in the manipulator to capture product at the moment of the transport.

Keywords: *Petri net, flexible manufacturing system, modeling, product process, product cell.*