



ADEQUAÇÃO DOS CONCEITOS DE MODELAGEM E SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS NA ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS PRODUTIVOS DA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS DE GNV¹

*Julio Henrique P. Medrano²
Eduardo H. Enari²*

Resumo

A modelagem, como meio de análise de processos da indústria de máquinas de Gás Natural Veicular (GNV), bem como de cadeias produtivas, atende à demanda por métodos apropriados e particularizados. O presente trabalho objetivou avaliar a aderência dos conceitos de modelagem e de sistemas a eventos discretos aplicados no fluxo de materiais em uma empresa de máquinas de GNV. Utilizou-se uma empresa real para a aquisição das informações. Os modelos das cadeias de atividades foram validados com o uso de sistemas a eventos discretos, por meio de um método e síntese do fluxo de materiais de uma célula piloto da empresa real. O estudo resultou em um ERP customizado para simulação.

Palavras-chave: Fluxo de materiais; Sistemas a eventos discretos; Gestão de materiais; Gestão de estoques.

CONCEPTS OF FITNESS FOR A SYSTEMS MODELING AND DISCRETE EVENTS IN THE ANALYSIS OF FLOW MATERIALS PRODUCTION INDUSTRY EQUIPMENT CNG

Abstract

Modeling as a means of analysis of industrial processes, machinery CNG, as well as supply chains, meets the demand for appropriate methods and individualized. This study aimed to evaluate the adherence of the concepts of modeling and discrete event systems applied in the flow of materials in an machinery company CNG. We used a real company for the acquisition of information. Models of the chains of activities were validated using discrete event systems by means of a method and synthesis of material flow in a cell pilot real company. The study resulted in a customized ERP for simulation.

Keywords: Material flow; Discrete event systems; Materials management; Inventory management.

¹ *Contribuição técnica ao 29º Seminário de Logística – Suprimentos, PCP, Transportes, 17 e 18 de junho de 2010, Joinville, SC, Brasil.*

² *UNITAU, departamento de Engenharia Mecânica / Produção,*



1 INTRODUÇÃO

O setor de petróleo & gás constitui uma das principais atividades econômicas no Brasil. Para o setor de postos e revendedores de combustíveis existe uma peculiaridade em função de estar ligado ao segmento de petróleo & gás e também por ser gerida, na maioria das empresas, por pequenas e médias empresas.

Para atender especificamente o setor de GNV, sob o enfoque de fornecimento do sistema completo de compressão de gás natural veicular (equipamentos e máquinas) existe muita sazonalidade e muitas especificações distintas de acessórios e equipamentos. Assim, torna-se inviável a tentativa de experiências muito inovadoras durante o período de demanda alta. Neste aspecto, a simulação é uma alternativa para compreender melhor o sistema de montagem e fluxo de materiais para a indústria de máquinas de GNV, sendo possível analisar opções de planejamento sem intervir no sistema produtivo real.

O “Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la Caña de Azúcar” desenvolveu um sistema computacional que permite a simulação dos processos tecnológicos da indústria açucareira, utilizando modelos determinísticos e estocásticos, assim como combinações de ambos.⁽¹⁾ Saito⁽²⁾ analisou o comportamento da cadeia agroindustrial do açúcar com o auxílio de simulação baseada em *System Dynamics*, para identificar pontos de alavancagem.

O processo de modelagem para análise de sistemas produtivos tem sido uma tarefa multidisciplinar, que vem exigindo o desenvolvimento de métodos de análise que possam refletir os vários níveis de abstração. Em geral, os instrumentos de modelagem e programação disponíveis possuem limitações⁽³⁾ para a representação de sistemas com características concorrentes ou paralelas (quando um ou mais eventos são independentes, ou seja, um ou mais podem ocorrer antes, depois ou ao mesmo tempo que outros), assíncronos (eventos podem ocorrer ou se repetir sem uma periodicidade) e distribuídos (o controle da ocorrência de eventos não é centralizada), entre outras.

Um instrumento elementar para descrever o comportamento de Sistemas a Eventos Discretos (SED) cujo número de estados seja finito é através de uma tabela de transição de estados. Esta tabela relaciona o estado ao qual o sistema é conduzido caso ele esteja em um determinado estado e ocorra um dado evento. Destaca-se, porém, que sob diferentes perspectivas e graus de abstração, o comportamento de um dado sistema pode ser representado através de diferentes modelos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de modelagem e fluxo de materiais das células de fabricação do sistema de compressão de GNV por meio de aplicação dos conceitos de SED.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição e os modelos foram desenvolvidos a partir do levantamento de dados teóricos da bibliografia^(4,5) e dados práticos coletados na empresa “X” localizada no Estado do Paraná. A modelagem e a análise das propriedades dos modelos foram validadas por meio de um sistema de gestão integralizado (*Enterprise Resources Planning* - ERP) trabalhando com base em dados reais da empresa estudada.



2.1 O Funcionamento da Gestão de Estoques da Empresa “X”

Há cerca de dois anos atrás não havia um controle de estoques na empresa. Neste contexto, não havia controle de fluxo de materiais, bem como o entendimento das células de fabricação e suas sub-células. Desta forma, havia um descontrole total no setor, como também, uma falta de conhecimento e entendimento sobre as várias etapas de fabricação e suas informações. Por sua vez, não existia Planejamento e Controle da Produção (PCP), não existia logística, tão pouco programação de materiais, não se utilizava nenhum sistema de integração, não conheciam o que era *Material Requirement Planning* (MRP) e ERP e não era bem definido a estrutura de materiais dos produtos.

2.2 Processo de Desenvolvimento nas Células Produtivas

Em razão do que foi levantado foi possível elaborar um novo sistema de integração de acordo com a estrutura organizacional da empresa “X”, ou seja, criou-se um processo próprio para a empresa antes de se iniciar o desenvolvimento do trabalho, foi feita uma organização em toda a fábrica, que contempla: elaboração de todas as estruturas de cada produto e subproduto. Para isso utilizou-se dos conceitos de Tubino⁽⁶⁾ e Corrêa, Giansi e Caon,⁽⁷⁾ com relação as necessidades brutas de cada item em cada período, descontando-se as quantidades em estoque e as quantidades já programadas para chegar neste período, obtendo-se o valor das necessidades líquidas do item. Através da sistemática proposta por estes autores, foi organizada uma tabela de dados das estruturas de produtos e a quantidade a ser programada por meio da qual, facilitou-se a programação e o controle de estoques de materiais.

Conseqüentemente, isso gerou um controle de custos dos produtos finais que antes não existia. Depois de se fazer a estrutura de produtos, foi alterada a seqüência de fabricação, a seqüência de abastecimento de materiais das linhas e o fluxo de processos. Isto trouxe uma grande facilidade para os funcionários de montagem e sub-montagem das células, que não precisavam mais ir até o estoque, ir à sub-células de montagem, evitando o desperdício de tempo, melhorando os controles de tempo de fabricação, controle do acompanhamento das etapas de fabricação, permitindo-se que se visualize a localização correta dos materiais a serem montados ou sub-montados. A aplicação destes conceitos seguiu às normas estabelecidas por Slack, Chambers e Johnston⁽⁸⁾ no que concerne ao projeto em gestão de produção, projetos de produtos e serviços e ao projeto da rede de operações produtivas. Os referidos autores argumentam a necessidade da administração da produção em pequenas empresas utilizando-se de estratégias que permitam às mesmas reagir mais prontamente conforme surgem as oportunidades ou problemas. Assim, elas podem se utilizar de recursos para mudar o estado ou a condição de algo para produzir o *input* e *output* e também, medir o desempenho de suas atividades.

Contudo, a empresa “X” necessitava da implantação do ERP; esses subsídios contribuem para implantação do mesmo; porém observou-se que a interação do fluxo de informações nas células e suas sub células de fabricação, bem como o fluxo de materiais nas células e sub células de fabricação faltavam ações de melhorias. Fruto das observações feitas, o foco de abordagem inicial adotado foi para um sistema de controle do fluxo de materiais.



A abordagem de desenvolvimento do sistema de controle ocorre ciclicamente em três etapas de modelagem, síntese e implementação; até o atendimento da aplicação demandada para o sistema real, resultando no sistema automatizado e integrado. Assim sendo, foi adotado a utilização das ferramentas do SED para o sistema do controle de fluxo de materiais.

Segundo Queiroz e Cury⁽⁹⁾ na etapa inicial de modelagem é viável a obtenção de uma representação por sistema produto, isto é:

- identificar o conjunto de subsistemas envolvidos no sistema de manufatura;
- construir um autômato Gi de cada subsistema i envolvido de forma mais sintética possível; e
- modelar para cada especificação isoladamente, considerando apenas os eventos relevantes.

Conforme Queiroz e Cury⁽⁹⁾ e Ramadge e Wonham⁽¹⁰⁾ na etapa de síntese tem-se:

- obter a planta local para cada especificação compondo-se os subsistemas que tenham eventos em comum com ela;
- calcular a linguagem de cada planta que satisfaça a especificação, através do produto síncrono de cada planta local com sua respectiva especificação;
- calcular a máxima linguagem controlável contida em cada especificação local;
- verificar a modularidade local das linguagens resultantes;
- se não forem modulares, procurar resolver o problema de não modularidade por outra abordagem; e
- se forem modulares, implementar um supervisor local para cada linguagem controlável.

A etapa de implementação contribuirá para a implantação do sistema de ERP para empresa "X".

A partir da determinação dos produtos finais de cada célula de fabricação, bem como os produtos finais de venda e de produção, foi elaborada a padronização das atividades de: S – Separar, M – Montar e T – Terminar para cada sub-célula e célula de fabricação. Assim sendo, temos a descrição do sistema elaborado na empresa "X", no qual foram utilizadas as ferramentas formais e síntese de SED, que seguem:

Para identificação da peça existe uma etiqueta de identificação na cor verde, no caso, material já aprovado pela qualidade, que está endereçado para depósito de matéria prima, denominado depósito MP. As peças somente podem vir do recebimento de materiais, logo são peças devolvidas pelo cliente ou peças oriundas de fornecedores. Sempre existe somente um único caminho para peça. Também, para poder caminhar com a peça, obrigatoriamente, cada atividade encontra-se em um estoque; ou seja, é como uma identidade. Exemplo a atividade S – Separar está no estoque MP (Matéria Prima), em outras palavras:

S - Separar = depósito MP. Também para esclarecer, o início de caminho da peça está no depósito MP logo a separação (atividade – S) está dentro do depósito MP. Porém, depósito é um estoque e separação das peças no estoque é uma atividade.

Tem-se que o sistema-estudo é composto por 7 subsistemas: 3 atividades e 4 armazenagens. (G1) atividade de separar (S), (G2) atividade de montar (M), (G3) atividade de terminar (T), (G4) armazenagem (MP), (G5) armazenagem (Processo), (G6) armazenagem (Semi Acabado) e (G7) armazenagem acabado. A Figura 1 ilustra o fluxo do material, no qual o material armazenado no depósito MP (G4) depois é



separado (G1). A seguir é transferido para o depósito de processo da montagem (G5) e conseqüentemente inicia a atividade de montar (G2). A seguir é transferido para o depósito semi-acabado (G6) e conseqüentemente inicia a atividade de terminação (G3) e por fim transferido para armazenagem acabado (G7). São geradas três especificações de funcionamento dos estoques em função das atividades (E1, E2 e E3). São gerados sete modelos para os subsistemas (G1, G2, G3, G4, G5, G6 e G7). Seguindo a teoria do controle supervisorio com utilização de conceitos de sistemas de eventos discretos, segue-se o procedimento na obtenção da planta local, a especificação local e o supervisor máximo controlável (otimizado). Existem três especificações, logo teremos três supervisores que estão compostos da seguinte maneira: $S1 = (G1//G4//G2)//E1$; $S2 = (G2//G5//G3)//E2$ e $S3 = (G3//G6//G7)//E3$.

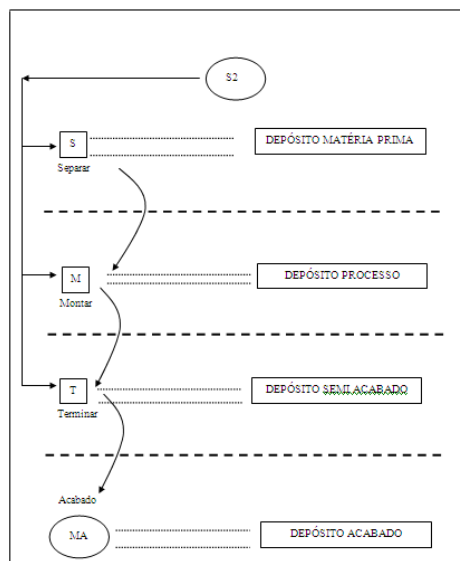


Figura 1: Sistema do Fluxo dos materiais – Sub célula.

A Figura 2 (exemplo piloto) mostra o resultado obtido no supervisorio S1, que gerou 12 estados e 8 eventos.

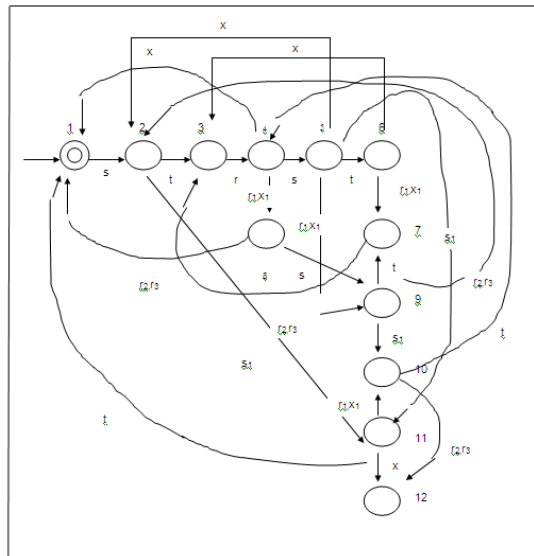


Figura 2: Controle Supervisório S1 (Modular) SEPARAR – DEPÓSITO MP – MONTAR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise é o estudo de um problema, que antecede à tomada de uma ação. No domínio específico do desenvolvimento de sistemas computacionais, análise se refere ao estudo de alguma área de trabalho ou de uma aplicação, levando quase sempre à especificação de um novo sistema. A ação que tomaremos mais tarde é a implementação desse sistema.

O produto mais importante da análise de sistemas – da fase de análise do ciclo de vida – é o documento de especificação. Diferentes empresas adotam vários termos para este documento: Especificação Funcional, Especificação Formal, Especificação de Projeto, Memorando de Análise Racional, Relatório de Necessidades. A fim de evitar as conotações sutilmente diferentes, introduz-se aqui um novo termo: o Documento Alvo. O Documento Alvo estabelece os objetivos para o restante do projeto. Ele diz o que o projeto tem de satisfazer em termos de compromissos para que seja considerado um sucesso. O Documento Alvo é o principal produto da análise.

A conclusão bem-sucedida da fase de análise envolve o seguinte:

- 1 Selecionar um alvo ótimo.
- 2 Produzir documentação detalhada desse alvo de tal forma que a implementação subsequente possa ser avaliada para ver se o alvo foi ou não atingido.
- 3 Produzir prognósticos precisos dos importantes parâmetros associados ao alvo, incluindo custos, benefícios, escalonamentos e características de desempenho.
- 4 Obter acordo (conformidade de opiniões) em cada um dos itens acima, de cada uma das áreas afetadas.

A realização deste trabalho compreende um conjunto de tarefas incrivelmente amplo e diversificado, que se pode realizar por: contato com o usuário, especificação, estudo de custo-benefício, análise de viabilidade e estimativas.

A empresa “X” como forma de implantação, permitiu a customização de um ERP com a utilização dos conceitos de sistemas a eventos discretos. A utilização destes conceitos foi aplicada no chão de fábrica no ERP customizado. Segue o exemplo da aplicação



desenvolvida, mostrado na Figura 3, no qual foi realizada a simulação do fluxo de materiais (base fria ou DEMO).

C.O.P.	Item	Faixa	Proport.	Estágio	Abreviatura	Opção	Situação	Horas Prev.	Dias (+ T. Fixo)	Dt. Piv. Inv.	Dt. Piv. Fis.
74	0			2011	SepAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
75	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Andamento	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	04/01/2007	04/01/2007
76	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	05/01/2007	05/01/2007
77	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
78	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
79	0			2011	SepAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	08/01/2007	08/01/2007
80	0			2011	SepAmSer	1	Finalizada	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Andamento	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Liberada	0.02	0.002	17/01/2007	17/01/2007
81	0			2011	SepAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007
	0			2021	MonAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007
	0			2031	TerAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007
82	0			2011	SepAmSer	1	Explóda (Planeada)	0.02	0.002	25/01/2007	25/01/2007

Figura 3: Aplicação e simulação do conceito de SED em um ERP customizado.

4 CONCLUSÃO

O sistema de eventos discretos permite boa visualização e acompanhamento da dinâmica e dos inter-relacionamentos das atividades produtivas nas células de fabricação da empresa "X".

Foi desenvolvida uma proposta estruturada factível de modelagem e síntese de um sistema de fluxo de materiais utilizando os conceitos dos sistemas a eventos discretos e validado através da simulação no ERP customizado em base fria (DEMO).

Agradecimentos

Aos professores: Fernando Claro (UNITAU), Eduardo Portela (PUCPR), Eduardo Loures (PUCPR), Agnelo Vieira (PUCPR), Andersan Paula (UFF) e Marta Assad (UNITAU) pelas contribuições e aprendizado.

À empresa Aspro do Brasil e a Gabriel Aspromonte pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.



REFERÊNCIAS

- 1 ESALQ Curso de modelagem e simulação de processos na produção de açúcar; álcool e derivados. Piracicaba, SP., 213p. (Publicação interna, 56932). 1992
- 2 SAITO, J.R. Análise das cadeias agroindustriais utilizando simulação computacional baseada na metodologia System Dynamics: um estudo de caso. 83 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2000
- 3 D'SOUZA, K.A. ; KHATOR, S.K.A. survey of Petri net and DES applications in modeling controls for automated manufacturing systems. Computers in Industry, Amsterdam, v.24, n.1, p.5-16. 1994
- 4 CURY, J.E.R., TORRICO, C.R.C. & CUNHA, A.E.C. A new approach for supervisory control of discrete event systems. Proceedings of the European Control Conference, Porto: Portugal. 2001
- 5 WONHAM, W. M. Notes on Control of Discrete-Event Systems, Systems Control Group, Department of Electrical & Computer Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada. 2003
- 6 TUBINO, Dalvio Ferrari. Manual de planejamento e controle da produção. São Paulo: Atlas. 2000
- 7 CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G.N.; CAON, Mauro. Planejamento, programação e controle da produção. São Paulo: Atlas. 2001
- 8 SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. São Paulo: Atlas. 2002
- 9 QUEIROZ, M. H.; CURY, J. E. R. Modular supervisory control of large scale discrete event systems, Proceedings of the Workshop on Discrete Event Systems (WODS), Ghent – Belgium. 2002
- 10 RAMADGE, P. J. G.; WONHAM, W. M. Supervisory control of a class of discrete event processes, SIAM Journal of Control and Optimization, p.: 206-230. 2001