

**CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA
CIIC 2010**

**Evento: VI Conferencia de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial.
CIMEI 2010**

Título: Sistema para tomada de decisão na programação de produção de Modem e Celular, utilizando lógica *fuzzy*

Autores:

Esp. Carlos Américo de Souza Silva ¹

e-mail: camericoss@hotmail.com

MsC. Jandecy Cabral Leite ¹

e-mail: jandecy.cabral@itegam.org.br

Dr. Carlos Tavares da Costa Júnior ²

e-mail: cartav@ufpa.br

¹ Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM

² Universidade Federal do Pará - UFPA

Resumo

O objetivo desse artigo é apresentar um modelo utilizando a lógica *fuzzy*, que busca auxiliar o processo de tomada de decisão em relação a qual produto deve ter prioridade na programação da produção do processo industrial onde existem duas classes de produtos (Modem 3G e Telefone Celular). Visando identificar particularidades e características dos processos, desta forma é possível criar um melhor seqüenciamento de produção, assim o plano mestre da produção será capaz de suprir a demanda de acordo com as oscilações do mercado. A finalidade principal do sistema proposto é auxiliar os profissionais da área de planejamento industrial a determinar os produtos que devem ser priorizados na linha de produção baseados nas características de fabricação, tais como: prazo de entrega, tempo de ciclo, processo de produção e margem de contribuição, criando um planejamento de produção mais adequado à realidade da organização, ou seja, buscando reduzir os custos e aumentar os lucros.

***Palavras-chave:* Lógica Fuzzy. Seqüenciamento. Programação da Produção.**

**CONVENCION INTERNACIONAL DE LA INGENIERIA EN CUBA
CIIC 2010**

**Evento: VI Conferencia de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial.
CIMEI 2010**

Título: Sistema para tomada de decisão na programação de produção de Modem e Celular, utilizando lógica *fuzzy*

Autores:

Esp. Carlos Américo de Souza Silva ¹

e-mail: camericoss@hotmail.com

MsC. Jandecy Cabral Leite ¹

e-mail: jandecy.cabral@itegam.org.br

Dr. Carlos Tavares da Costa Júnior ²

e-mail: cartav@ufpa.br

¹ Instituto de Tecnologia Galileo da Amazônia – ITEGAM

² Universidade Federal do Pará - UFPA

Abstract

The objective of this paper is to present a model using fuzzy logic, which seeks to assist the process of making decision as to which product should have priority in scheduling of the manufacturing process where there are two classes of products (3G Modem and Mobile Phone). To identify features and characteristics of processes, thus it is possible to create a better sequencing of production, so the master plan of production will be able to meet demand according to market fluctuations. The main object of the proposed system is to assist professionals in planning industrial determine which products should be prioritized in the production line based on manufacturing characteristics such as time of delivery, cycle time, production process, contribution margin, creating a production planning more appropriate to the reality of the organization, in other words, seeking to reduce the cost and increase profits.

***Key Words:* Fuzzy Logic. Sequencing. Production Scheduling.**

1. Introdução

No atual mundo competitivo, o profissional da área de planejamento de produção acaba lidando constantemente com muitas variáveis conflitantes, como o cumprimento de prazos, atendimento de clientes preferências, manter os estoques baixos, reduzir o estoque de processo e ainda tem que gerenciar a sazonalidade freqüente de clientes, fornecedores e outros agentes da cadeia produtiva.

Desta forma, definir o programa mestre de produção se torna uma tarefa estratégica, pois o planejador tem que considerar todas as variáveis que influenciam o processo de produção e entrega ao cliente.

Baseado neste ambiente dinâmico, o trabalho propõe a desenvolver uma modelagem utilizando a lógica *fuzzy*, com intuito de criar uma nova abordagem no seqüenciamento da produção na fábrica de Modem 3G e Telefone Celular, ou seja, usar um critério que está relacionado à margem de contribuição de cada produto desta organização, mudando o foco dos seqüenciamentos existentes.

Seja a abordagem do carregamento finita ou infinita, quando o trabalho chega, decisões devem ser tomadas sobre a ordem em que as tarefas serão executadas. Essa atividade é denominada seqüenciamento [1].

Teoria de conjuntos *fuzzy* tem sido estudada extensivamente nos últimos 30 anos e tem sido empregada com sucesso para exprimir conhecimento impreciso e resolver problemas em muitas áreas onde a modelagem convencional é difícil, ineficientes ou muito onerosos. A possibilidade de descrição lingüística do modelo, ao invés de utilização das equações diferenciais, possibilita o aproveitamento do conhecimento heurístico dos operadores e facilita o desenvolvimento de soluções.

A distinção central entre a lógica clássica e a *fuzzy*, é que esta última ajuda a modelar a maneira imprecisa de raciocinar, que é uma característica intrínseca do processo de tomada de decisão humana. Podemos dizer que é um sistema lógico que ajuda a formalizar o raciocínio aproximado, ou seja, um método para reproduzir a capacidade humana de lidar com raciocínio impreciso [2].

Desta maneira, pode dizer que o raciocínio *fuzzy*, também conhecido como raciocínio aproximado, corresponde a um processo de inferência que deriva conclusões a partir de um conjunto de regras e de fatos conhecidos. Estas regras constituem a linguagem de representação de conhecimento do sistema *fuzzy* e são usadas para descrever a interdependência entre as variáveis de entrada e de saída do modelo.

As expressões “muito, pouco, pequeno, grande, freqüentemente, às vezes e raramente”, trazem imprecisão nas informações sobre determinada situação. O ser humano consegue lidar com estas situações, pois ele utiliza as experiências vividas no cotidiano, do senso comum e da intuição. Já para os sistemas computacionais, é complicado resolver problemas com níveis de complexidade elevados, pois são mais expostos a falhas [3].

2. Programação e controle da produção e Regras de Seqüenciamento.

O Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) são responsáveis pela administração da produção concernente à tomada de decisão da manufatura, objetivando o planejamento e o controle dos recursos do processo produtivo em uma organização.

O PCP é melhor definido e interpretado quando é analisado sob o ponto de vista da Gerência Industrial, de Vendas e de Produção; isto ocorre por não existir um consenso completo do que seja o PCP e ou das suas funções a exercer. A particularidade deste fato está no foco empresarial da : produção, porte da empresa, produto e estrutura administrativa. De forma sucinta os três enfoques [4]:

- Gerência Industrial: espera que o PCP mantenha pressão constante sobre a Produção, Compras e outros departamentos a fim de que sejam cumpridos os planos de produção prestabelecidos, atingindo, assim, o faturamento;
- Gerência Vendas: deseja que o PCP seja seu intérprete dentro da fábrica, procurando atender seus pedidos e aceitar as oscilações do mercado e consequentes mudanças de prioridade;

- Gerência Produção: deseja que o PCP emita, com grande antecedência, ordens de fabricação e montagem estáveis para lotes apreciáveis, viabilizando, assim, uma produtividade alta.

Uma definição ainda comentada pelo autor, expressa que o PCP é a função da administração que planeja, dirige e controla o suprimento de material e as atividades de processamento de uma indústria, de modo que os produtos especificados sejam produzidos por métodos preestabelecidos para conseguir um programa de vendas aprovado, de forma que as atividades possam ser desenvolvidas a alcançar o desempenho ótimo dos recursos humanos, facilidades industriais e capital disponível.

Além de o PPCP ser uma área de decisão da manufatura com o propósito de gerar bens e serviços é também um sistema de transformação de informações pelo fato de obter dados sobre estoques existentes, vendas previstas, linha de produtos, modo de produzir, capacidade produtiva, tendo como fim a consolidação destas informações em ordens de fabricação e disponibilizá-las no chão-de-fábrica [5].

A tomada de decisão neste sistema de informações é de natureza tática e operacional quanto às questões de: o que, quanto, quando e com que recursos produzir e comprar.

Na tabela 1 podemos verificar os diferentes tipos de programação da produção no processo produtivo, objetivando alcançar a melhor utilização das instalações versus o menor tempo de setup.

TIPOS DE PROGRAMAÇÃO				
	PROCESSOS	JOB-SHOP	PROJETOS	LINHA DE MONTAGEM
Características	Utilização da capacidade	Carga das máquinas	Atividades ou tarefas	Diagrama de precedências
	Operação contínua	Filas de trabalhos	Rede de atividades	Tempos padrões
	Seqüência de produtos	Regras de prioridade	Caminho crítico	Estações de trabalho
Exemplos	Refinarias	Oficinas	Construção de navios	Produção de veículos
	Indústrias químicas	Gráficas	Construção de edifícios	Produção de televisores
	Siderúrgicas	Serviço de assistência técnica	Construção de uma nova fábrica	Produção de geladeiras
	Celulose	Tinturaria industrial	Construção de turbinas	Produção de móveis

Fonte: Martins e Laugení (2005)

Tabela 1: Tipos de programação

O processo decisório da função do planejamento e controle, está intrinsecamente relacionado com: horizonte de planejamento, perguntas a serem respondidas, ambientes de manufatura e a operação do sistema de PPCP; ambos em sistemas de produção discretos ou em lotes (descontínuos), como demonstrados de forma resumida na tabela 2 [5].

AS DECISÕES NO SISTEMA DE PPCP				
DECISÕES	CARACTERIZAÇÃO			
Horizonte de planejamento	Longo prazo	Médio prazo	Curto prazo	
Perguntas	O quê ?	Quando ?	Quanto ?	Com quê ?
Ambientes de manufatura	MTS (make to stock)	MTO (make to order)	ATO (assemble to order)	ETO (engineering to order)
Operação do sistema	Gerenciamento e controle da demanda	Planejamento e controle dos recursos internos	Planejamento e controle dos recursos externos	

Fonte: Martins e Laugeni (2005)

Tabela 2: Decisões no sistema do PPCP

Os principais ambientes de manufatura podem ser classificados, segundo o autor, em:

- Ambiente MTS (make to stock): fabricação para estoque;
- Ambiente MTO (make to order): fabricação sob encomenda;
- Ambiente ATO (assemble to order): montagem sob encomenda;
- Ambiente ETO (engineering to order): engenharia sob encomenda.

A presente pesquisa está situada, conforme análise, entre o Ambiente MTO por fabricar sob encomenda e no Ambiente MTS por fabricar para estoque (quando não houver pedido), sendo que produzirá o modelo de maior margem de contribuição para a empresa.

As regras de seqüenciamento, mais empregadas na prática estão apresentadas na tabela 3. Cada uma delas tem sua aplicabilidade restrita à determinada situação de fábrica, pois não existem regras de seqüenciamento que sejam eficientes em todas as situações, contudo, elas serão tão eficientes quanto for o planejamento mestre da produção e a utilização equilibrada dos recursos produtivos, via análise da capacidade de produção de médio prazo [6].

Sigla	Especificação	Definição
PEPS	Primeiro que entra primeira que sai	Os lotes serão processados de acordo com sua chegada no recurso.
MTP	Menor tempo de processamento	Os lotes serão processados de acordo com os menores tempos de processamento MP recurso.
MDE	Menor data de entrega	Os lotes serão processados de acordo com as menores datas de entrega.
IPI	Índice de prioridade	Os lotes serão processados de acordo com o valor da prioridade ao cliente ou ao produto.
ICR	Índice crítico	Os lotes serão processados de acordo com o menor valor de: $de = \frac{data\ de\ entrega - data\ atual}{tempo\ de\ processamento}$
IFO	Índice de folga	Os lotes serão processados de acordo com o menor valor de: $de = \frac{data\ de\ entrega - \sum temp\ processamento\ restante}{numero\ de\ operacao\ restante}$
IFA	Índice de falta	Os lotes serão processados de acordo com o menor valor de: quantidade em estoque / taxa de demanda.

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 3: Regras de seqüenciamento em processos em lotes

3. Modelagem do sistema

Levando em consideração os fatores citados, assim como outros considerados relevantes para na escolha entre o tipo de produto a ser produzido, foram selecionados alguns parâmetros relacionados e explicados tabela 4, que darão origem às funções de pertinência para o sistema:

Variáveis Lingüísticas	Universo de discurso	Conjuntos fuzzy
ENTRADAS:		
* Prazo de Entrega (PE)	[0 10]	(curto, médio, longo)
* Tempo de Ciclo (TC)	[0 10]	(baixo, alto)
* Processo de Produção (PP)	[0 10]	(alto, difícil)
* Margem de Contribuição (MC)	[0 10]	(baixo, alto)
SAÍDA:		
* Prioridade de Produção (Priorprod)	[0 1]	(celular, modem)

Tabela 4: Variáveis lingüísticas de entrada e saída

- Parâmetro 1: Prazo de Entrega (PE)

Esse parâmetro considera os prazos de entregas das ordens de produção dos produtos celular e modem, estes prazos são acordados de acordo com o contrato com a operadora de telefone de cada região.

O parâmetro é considerado relevante, pois quando o prazo for curto, independentemente de outros fatores, deve ser obedecida à prioridade do produto que foi negociado. Na figura 1 tem a função de pertinência do prazo de entrega, sendo duas trapezoidais, denominado Curto e Longo e uma triangular, denominada Médio.

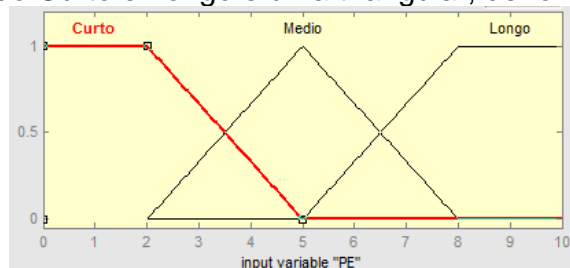


Figura 1: Prazo Entrega

- Parâmetro 2: Tempo de Ciclo (TC)

Esse parâmetro é considerado relevante, pois representa o tempo de processamento do produto, desta forma todo o processo de montagem influencia neste item. De acordo com os valores mapeados no processo, o tempo de ciclo do celular é de 16,25 segundos (baixo) e o ciclo do modem é 29,16 segundos (alto), ou seja, a cada ciclo um produto é entregue na expedição e disponível para venda.

- Parâmetro 3: Processo de Fabricação (PP)

Esse parâmetro é considerado relevante, pois representa a maneira na qual cada produto é montado na estrutura fabril, após o mapeamento do processo, verificamos que para produzir o celular precisamos de 52 pessoas (difícil), para produzir o modem é necessário 31 pessoas (fácil). Visto que o processo de fabricação do modem é simples, pois não tem muito detalhe. Apenas uma placa montada e a tampa traseira e frontal. Desta maneira, concluímos que podemos unir as funções de pertinência 2 e 3, conforme tabela 5, desta forma reduzimos em média 12 possibilidades de regras.

ENTRADAS:		
* Tempo de Ciclo & Processo de Produção (TC-PP)	[0 10]	(Baixo-Difícil, Alto-Fácil)

Tabela 5: Junção de Variáveis lingüísticas de entrada

Assim a função de pertinência ficou definida conforme a figura 2, sendo ambas trapezoidal, denominadas Baixo-Difícil e Alto-Fácil.

Quando for modem, significa que o tempo é alto e montagem fácil

Quando for celular significa que o tempo é baixo e montagem difícil

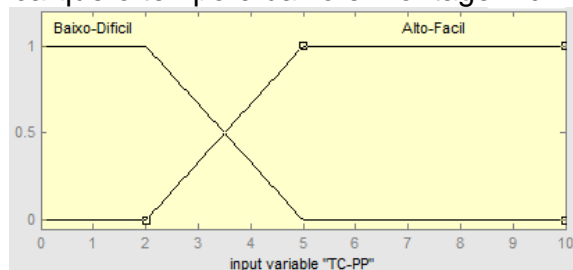


Figura 2: Tempo de Ciclo – Processo de Produção

- Parâmetro 4: Margem de Contribuição (MC)

Esse parâmetro é considerado de grande relevância quando os prazos de entrega forem maiores, principalmente que com esta informação é possível identificar qual o produto é mais rentável para organização. Com as figuras 3 e 4 é possível identificar qual dos produtos é mais rentável. O modem tem margem de contribuição de 64,70 unidades monetárias e o celular tem a margem de contribuição de 13,15 unidades monetárias.

Estas informações foram consolidadas com o departamento contábil da organização, e visualizamos o modem como o produto mais viável a ser produzido.

CELULAR		
Preço de Venda	118,20	100,0%
Impostos	13,23	11,19%
PV sem Impostos	104,97	88,81%
Custo das Matérias Primas	71,45	60,45%
Custo de Fabricação	5,35	4,52%
Análise Qualidade (operadora)	0,17	0,15%
Frete e Seguro Mão -> Sao Paulo	0,19	0,16%
Frete e Seguro Mão -> outros Estados	0,49	0,41%
Garantia	2,95	2,50%
Propaganda Cooperada	2,36	2,00%
Verba de Marketing	1,18	1,00%
Comissões	0,78	0,66%
Despesas Financeiras	3,55	3,00%
Pesquisa e Desenvolvimento	3,34	2,82%
Despesas c/ Vendas	14,84	12,56%
Margem de Contribuição	13,15	11,13%
Mão de Obra Adm	1,06	0,90%
Despesas Gerais	2,11	1,78%
Depreciações	0,00	0,00%
Despesas Administrativas	3,17	2,68%
Resultado Operacional	9,98	8,45%
Liquido para Operadora	52,00	
PIS e COFINS	6,11	
ICMS	7,92	
Preço de Venda - Us\$	66,03	
Demonstrativo de ICMS		
Demonstrativo de Pis e Cofins		

Figura 3: Custos Celular

MODEM		
Preço de Venda	222,76	100,0%
Impostos	23,16	10,40%
PV sem Impostos	199,59	89,60%
Custo das Matérias Primas	101,86	45,73%
Mão de Obra	3,13	1,40%
Despesas de Fabricação	0,56	0,25%
Depreciações (Imobilizado Existente)	1,17	0,52%
Investimentos Fábrica	0,49	0,22%
Jigs	0,00	0,00%
Investimentos adicionais	0,00	0,00%
Custo de Fabricação	5,35	2,40%
Análise Qualidade (operadora)	0,17	0,08%
Despesas c/ Vendas	27,51	12,35%
Margem de Contribuição	64,70	29,05%
Mão de Obra Adm	1,06	0,48%
Despesas Gerais	2,11	0,95%
Depreciações	0,00	0,00%
Despesas Administrativas	3,17	1,42%
Resultado Operacional	61,54	27,63%
Liquido para Operadora	98,00	
PIS e COFINS	11,51	
ICMS	14,93	
Preço de Venda - Us\$	124,44	
Demonstrativo de ICMS		
Demonstrativo de Pis e Cofins		

Figura 4: Custos Modem

A figura 5 mostra a função de pertinência da margem de contribuição, sendo ambas trapezoidais, denominadas Baixo e Alto.

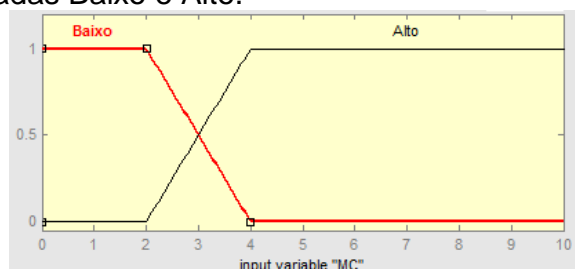


Figura 5: Prioridade de Fabricação

- Parâmetros 5: Prioridade de Produção (PriorProd)

Esse parâmetro de saída do sistema, na qual irá identificar a prioridade de produção, ou seja, baseado nesta saída será gerado o seqüenciamento da produção, desta forma teremos um novo conceito de seqüenciamento, diferentes dos tradicionais descritos na tabela 3.

A figura 6 mostra a função de pertinência de saída, sendo ambas triangulares, denominadas Celular e Modem.

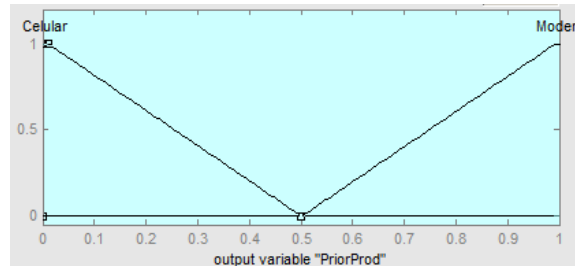


Figura 6: Prioridade de Fabricação

4. Regras de Base

Para desenvolver a base de conhecimento e regras de inferência do programa, foram necessárias varias analisas com os especialistas da organização. Desta forma, pode-se agregar maior quantidade de informações no sistema, tornando capaz de reagir a todas as situações possíveis.

A base de regra é formada por estrutura do tipo se – então, estruturadas na forma se antecedente então conseqüente. Onde o antecedente para o projeto é a permutação entre todos os conjuntos de todas as entradas.

No sistema foi adotado o modelo *Mamdani* e a operação lógica “and” (interseção). No estagio do defuzzificador foi utilizado o seguinte método:

- Método da media dos máximos: O valor numérico da saída corresponde ao índice referente a medida dos máximos locais da variável lingüística de saída produzida pela maquina de inferência.
$$D = \frac{(X1 + X2)}{2}$$

Após a definição de 3 variáveis entradas, sendo que a variável de entrada prazo de entrega possui 3 pertinências, a variável tempo de ciclo possui 2 pertinência e a variável margem de contribuição possui 2 pertinência , desta forma teríamos que possuir 12 regras de forma que o sistema pudesse ser completo. Mas após analise com os especialistas definimos 6 regras que contempla todo o sistema. Todas as regras possuem peso 1.

Quando os prazos de entregas forem longos, concluímos que a prioridade será o modem devido à margem de contribuição maior, ou seja, produto na qual traz o maior retorno para organização. As regras de base esta descrita abaixo:

1. Se (PE é Curto) e (TC-PP é BAIXO-Difícil) então (Priorprod é Celular)
2. Se (PE é Curto) e (TC-PP é Alto-Fácil) então (Priorprod é Modem)
3. Se (PE é Médio) e (TC-PP é Baixo-Difícil) e (MC é Baixo) então (Priorprod é Celular)
4. Se (PE é Médio) e (TC-PP é Baixo-Difícil) e (MC é Alto) então (Priorprod é Modem)
5. Se (PE é Médio) e (TC-PP é Alto-Fácil) então (Priorprod é Modem)
6. Se (PE é Longo) então (Priorprod é Modem)

5. Análise de resultados

O Visualizador de regra lhe permite interpretar o processo de inferência *fuzzy* todo de uma vez. O Visualizador também mostra como a forma de adesão de certas funções influência o resultado global, demonstrando cada regra e o resultado do sistema [7].

Os indicadores de entrada foram obtidos por intermédio da análise conjunta dos pesquisadores e especialistas da organização, de forma que pudesse testar o modelo. Os valores foram estimados em função das ações previstas no ambiente de manufatura de celular e modem, assim como informações do processo de meses anteriores, para avaliar o método estudado.

Definindo um valor entre 0 ~10 para:

Prazo de entrega - PE = 3

Tempo de Ciclo & Processo Produção - TC-PP = 4

Margem de Contribuição - MC = 7

O resultado final do sistema foi de 0.915, demonstra que a prioridade de produção deve ser modem, visto que o resultado foi superior a 0.5, conforme a figura 7

Como o prazo de entrega é curto, então neste caso, foi levado em consideração a variável tempo de ciclo/processo de produção e margem de contribuição. Em resumo o sistema neste este atendendo o que foi definido como prioridade o prazo de entrega, mesmo sabendo que o tempo de fabricação é maior. Neste caso, esta dentro da regra 2, onde tem o prazo curto e a margem de contribuição alto.

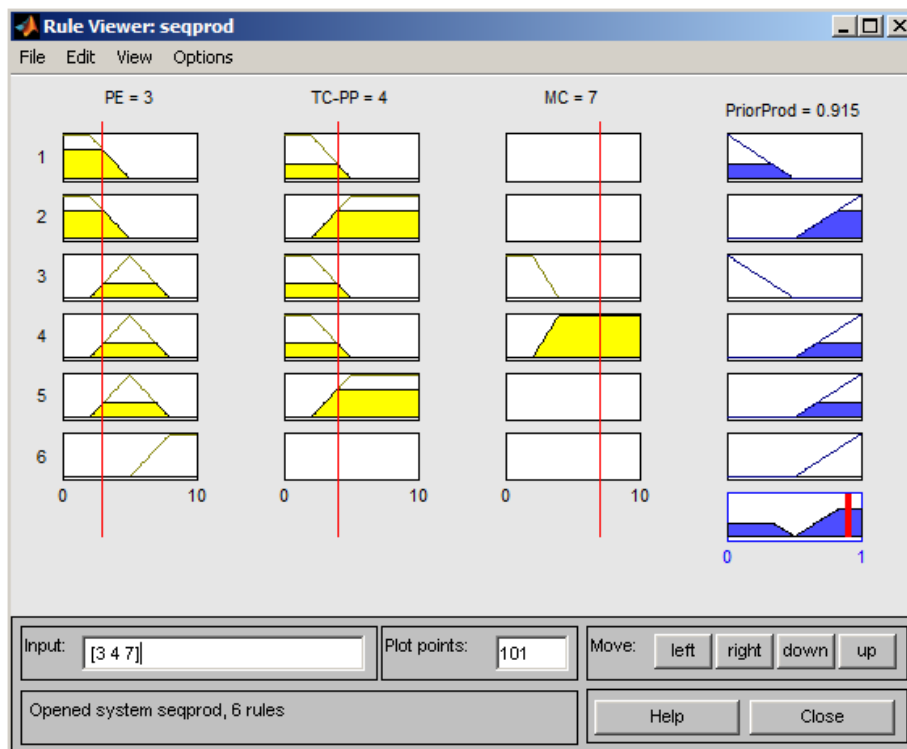


Figura 7: Saída do sistema de seqüenciamento

6. Considerações finais

O objetivo principal deste trabalho foi sugerir uma nova abordagem para a elaboração do seqüenciamento de produção, tendo como base os preceitos da lógica *fuzzy*. Dentro

do cenário de rápidas mudanças, ao quais as organizações estão submetidas, acredita-se que os sistemas automatizados podem criar uma nova dinâmica dentro das organizações, criando rotinas precisas, não ficando dependente das decisões de pessoas, pois sempre haverá diferenças nas tomadas de decisões.

As respostas geradas pelo sistema foram extremamente satisfatórias, comprovando, mais uma vez que a tomada de decisão baseando-se em ambigüidades e incertezas pode ser apoiada pela lógica *fuzzy*. Contudo, é preciso ressaltar a importância do conhecimento do especialista para modelagem do sistema, atribuindo valores e desenvolvendo a teoria aplicada no manuseio dos dados e, principalmente, na criação da base de regras.

Tendo em vista a grande viabilidade de sistemas no auxílio a tomada de decisão, apresenta-se como desafio o desenvolvimento de outros sistemas relacionados ao seqüenciamento de produção, investigando cenários com características distintas como as apresentadas aqui, fazendo comparativos sobre os resultados obtidos e os dados reais.

Como sugestão para continuidade deste trabalho fica o desafio de aprimorá-lo, utilizando mais variáveis de entrada, permitindo assim, definir o melhor seqüenciamento das ordens de produção da organização, além de criar um sistema que possa construir o gráfico de *gantt*, após as decisões do sistema *fuzzy*.

Assim, este trabalho encerra uma nova abordagem para o estudo do PCP, visto como sistema adaptativo. Porém, dentro desta ótica, permitirá contribuir para o enriquecimento do seqüenciamento da produção e nortear trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS: a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM para realização deste trabalho com apoio financeiro de Bolsa de Estudo ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao ITEGAM – Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia.

Referências

1. SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2009.
2. ZADEH, L. A. *Fuzzy Logic*. *IEEE Computer Mag.*, p. 83-93, abr. 1988
3. SANTOS, G. J. C. *Lógica fuzzy*. Universidade Estadual de Santa Cruz. Departamento de ciências exatas, Bahia, 2003
4. RUSSOMANO, V. H. *Planejamento e Controle da Produção*. 6. ed. Editora Thomson Pioneira, São Paulo, 2000.
5. MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P. *Administração da Produção*. 2. ed. Editora Saraiva, São Paulo, 2005.
6. TUBINO, D. F. *Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática*. 1. ed. Editora Atlas, São Paulo, 2007.
7. FUZZY LOGIC TOOLBOX USER`S GUIDE – For Use with MATLAB, version 2, 1999.