

Planejamento Mestre da Produção: entendendo o problema e propondo solução através de uma abordagem combinada

Resumo

A atividade de gerenciamento do Plano Mestre de Produção, é uma dentre as diversas funções de planejamento contempladas na estrutura dos sistemas ERP- Enterprise Resource Planning, e tem como finalidade definir o que a empresa planeja produzir, expresso em configuração, quantidades e datas específicas, de forma a atender a demanda identificada e compatível com a capacidade produtiva da empresa.

Nosso foco neste trabalho, é propor uma modelagem adequada ao processo de elaborar o Plano Mestre que permita incorporar os aspectos subjetivos do processo de tomada de decisão do planejador. Para atingir este objetivo, vamos associar a facilidade e conforto advindos do emprego de simulações baseadas no raciocínio da equação de conservação de estoques, com o ferramental disponibilizado pela lógica nebulosa, que proporciona interessantes recursos para o tratamento de problemas impregnados de aspectos qualitativos e ambíguos tais como o que estamos lidando, além de permitir ao usuário uma considerável elucidação do conhecimento empregado na solução do problema.

Palavras-chave: planejamento mestre da produção, planejamento da produção, lógica nebulosa

1. Introdução

No mundo competitivo da atualidade, um planejador da produção tem que lidar constantemente com objetivos conflitantes tais como o cumprimento de todos os prazos de entrega, manutenção de estoque baixos, priorização de pedidos de clientes específicos, redução de despesas operacionais e ainda se depara com freqüentes mudanças deflagradas por clientes, fornecedores e demais atores do ambiente produtivo.

Nestas circunstâncias, para definir seu programa mestre de produção, o gestor tem que considerar uma ampla gama de variáveis relativas a diferentes níveis e políticas de estoque, fornecimento e capacidade produtiva, além de prazos, quantidades e preços em constante mutação.

Diante desse quadro complexo e dinâmico, nos propomos no presente trabalho, a desenvolver uma modelagem que, através de mecanismos inteligentes de apoio a decisão, permita a esse gestor, definir com mais facilidade e flexibilidade, planos mestres que atendam satisfatoriamente aos objetivos estabelecidos.

2. Descrição do Problema – O que é o Planejamento Mestre da Produção

A arquitetura dos sistemas ERP - Enterprise Resource Planning, se compõe tipicamente de vários módulos interligados, que acessam uma base de dados comum e que executam as diversas tarefas relacionadas com o planejamento, atuando de forma integrada em funções que vão desde o controle de estoque até o planejamento estratégico da empresa.

Considerando esse pano de fundo, a função de gerenciar o plano mestre de produção (PMP)¹ tem evoluído no decorrer dos anos, da posição de simples entrada de dados para o módulo de MRP², para uma atividade extremamente complexa, responsável pela coordenação das vendas e da produção e transposição dos planos de médio prazo da companhia, em detalhadas decisões de curto prazo

¹ MPS – Master Production Schedule

² MRP – Material Requirements Planning

A sua lógica de geração é resultante de forte interação entre os módulos de cunho mais estratégico dentro da estrutura típica dos sistemas ERP. Seus dados de entrada são provenientes dos módulos de **Gestão da Demanda** e de **Planejamento Agregado da Produção (PAP)**. O primeiro, responsável pelas tarefas de projeção, acompanhamento e avaliação das vendas; e o segundo, que visa definir o plano de produção da empresa a nível de família de produtos, a partir das vendas projetadas e atendendo às restrições de capacidade.

Também denominado **Planejamento da Produção**, este último deve ser estabelecido de acordo com o plano estratégico, no qual são definidas as metas e políticas da empresa numa escala mais ampla, tais como nível de serviço desejado, nível de produção, público alvo, estratégias de marketing e desenvolvimento de novos produtos.

Tanto o plano agregado quanto o plano mestre devem ser avaliados em relação ao seu conseqüente impacto nos recursos de produção considerados críticos na empresa, sendo esta função executada pelo módulo de **Planejamento Superficial da Capacidade**.

Uma vez definido o plano mestre, este serve como *input* para o **Planejamento das Necessidades de Material**, determinando quais os produtos devem ser fabricados, em que quantidade e quando.

Toda empresa na realidade executa, mesmo que frequentemente de uma forma implícita, a função de PMP, uma vez que é sempre necessário decidir o que e quando produzir. Na prática a atividade denominada PMP não se refere a uma, mas sim a uma série de sub-funções, que variam muito de empresa para empresa, dependendo da forma de atuação das mesmas. Além disto, a execução dessas atividades necessita de uma forte interação entre os departamentos, e leva em consideração diversas informações de cunho subjetivo e qualitativo, o que lhe confere um caráter ainda mais personalizado. Por conta disso, os métodos de otimização disponíveis, não se prestam a esta aplicação, fazendo com que ainda hoje o procedimento de geração do plano mestre seja feito na base da tentativa e erro, conforme mencionado por Jacobs e Bendoly(2003) e Buxey(2003).

3. Lógica da Geração do Plano Mestre

O procedimento é feito a partir de depurações sucessivas, levando em consideração a forma como se interrelacionam os diversos fatores de produção, comumente manipulados pelos gerentes.

É importante destacar que apesar do sistema sugerir valores iniciais, as quantidades calculadas pelo computador servem apenas como ponto de partida para o processo de planejamento, ficando a decisão final por conta do planejador, que deve levar em consideração uma série de fatores que não são computados pelo algoritmo do sistema.

Na equação básica do planejamento mestre, o campo disponibilidade projetada corresponde ao estoque projetado para o fim de cada período para todo o horizonte de planejamento. Ele é calculado tomando como ponto de partida o Estoque Inicial somado ao que já estava programado para ser produzido naquele período e subtraindo, para o mesmo intervalo, o maior entre a previsão de vendas e a carteira de pedidos. A produção programada (linha do plano mestre), é calculada então a partir das faltas detectadas na disponibilidade projetada, levando em consideração o tamanho do lote e o estoque de segurança. As quantidades são programadas e a disponibilidade é recalculada período a período a partir daquele no qual a disponibilidade é menor do que a aceitável.

O processo de planejamento é feito de forma recursiva. Na medida em que alterações são feitas no programa mestre, o impacto dessas alterações nos recursos de material, capacidade e capital considerados críticos na empresa, deve ser avaliado através do módulo de Planejamento Superficial da Capacidade e, quando for o caso, finalmente implementado o plano.

4. Estratégias para elaboração do Plano Mestre

A natureza da demanda atendida pela empresa, principalmente no que tange a relação entre o tempo de reposição exigido pelo mercado, em oposição ao tempo total necessário para obtenção do item, é um aspecto fortemente vinculado a estrutura de produto e que determina consideravelmente a forma como vai se realizar a atividade do planejamento mestre e quais as possibilidades de estratégia viáveis.

Optar por uma estratégia para elaboração do plano mestre, implica em decidir primeiramente a política de estoques que será praticada pela empresa. Esta decisão, por sua vez, está estritamente ligada ao tipo de estrutura de produção. Dependendo do tipo de estrutura, a empresa tem maior ou menor possibilidade de escolha sobre sua política de estoques.

No caso do ambiente com **“produção para estoque”**, por exemplo, onde os itens são finalizados antes da chegada do pedido do cliente, a empresa pode optar por ter estoques em qualquer um dos níveis, desde o produto acabado, passando pelos semi-acabados ou até mesmo matéria-prima. Neste contexto é mais comum termos o plano mestre sendo realizado no nível do produto acabado.

Já na **“montagem sob encomenda”**, onde as empresas trabalham com opções de produto ou sub-montagens que podem ser fabricadas e estocadas antes da chegada do pedido, encontramos a estrutura de produto conhecida como “ampulheta”, ficando o nível do produto do plano mestre na parte mais “estreita” da estrutura.

Temos ainda a **“manufatura sob encomenda”**, onde a própria especificação do produto como um todo, depende do cliente, e portanto a empresa não tem a alternativa de armazenar nem produto final nem semi-acabados, ficando o item do plano mestre preferencialmente no nível da matéria-prima.

Uma situação mais extremada ocorre no ambiente de **“projeto e produção sob encomenda”**. Neste contexto, até mesmo a matéria-prima talvez não possa ser estocada, exigindo que todos os procedimentos sejam acionados apenas após a chegada do pedido.

Podemos observar, que quanto mais alto é o nível em que a empresa pode manter estoques para amortecer o impacto das flutuações e incertezas da demanda, mais alternativas de políticas de ação a empresa pode escolher em relação ao plano mestre.

O gestor pode optar por algumas estratégias de ação³ chamadas “puras”, ou ainda, pelo emprego combinado delas, dentre as quais: política de **nivelamento da produção**, na qual a empresa opta por ignorar as flutuações da demanda e manter constantes os níveis de produção; a política de **acompanhamento da demanda**, que propõe que as quantidades produzidas sejam ajustadas de forma a seguir as necessidades do mercado; ou ainda a estratégia de **gerenciamento da demanda** que pretende “administrar” a demanda, usando artifícios que permitam por exemplo, transferi-la de um período para outro.

Ao analisar o emprego dessas políticas, em relação aos ambientes produtivos que descrevemos acima, podemos concluir que a possibilidade de escolha é bastante distinta para os diferentes ambientes. Na tabela que se segue organizamos de forma sintética as indicações para cada caso.

<i>Tipos de ambientes produtivos</i>	<i>Estratégias de ação indicadas para gestão do PMP</i>
Produção para estoque	Livre escolha entre: - Nivelamento da produção; - nivelamento da produção por blocos; - ou acompanhamento da demanda.

³ Uma descrição mais detalhada destas políticas pode ser encontrada em: Slack et al (2002, p. 354), Corrêa (2001, p.227), ou Gaither e Frazier (2001, p.239).

Montagem sob encomenda	- Obrigatoriedade de acompanhamento da demanda p/ os produtos acabados; - possibilidade de estoques p/ o nível dos subconjuntos e da matéria-prima.
Produção sob encomenda	- obrigatoriedade de acompanhamento da demanda p/ o produto acabado; - impossibilidade de estocar itens intermediários - possibilidade de estocar matéria-prima
Projeto e Produção sob encomenda	- obrigatoriedade do acompanhamento da demanda; - impossibilidade de estocar matéria-prima.

Tabela 1 – Tipos de ambiente e estratégias para gestão do PMP

5. Avaliação das Alternativas de Abordagem do Problema

Como o procedimento que estamos focando, é permeado de análises subjetivas e qualitativas por parte do gestor, os métodos de otimização existentes não se prestam a esta aplicação, e mesmo a estrutura tradicional do módulo de Planejamento Mestre da Produção dos sistemas ERP não é utilizada na prática. Tão grande é a sutileza dessa tarefa, que Chopra (1984), talvez com um certo exagero, chegou a classificar o gerenciamento e estruturação do PMP quase como uma arte.

Num levantamento feito para identificarmos as possíveis abordagens para tratar a questão do planejamento mestre e do planejamento agregado, que têm alguns pontos de modelagem em comum, observamos que até hoje, os gestores na maioria das vezes elaboram seu plano mestre na base da tentativa e erro (vide Arruda (2004)).

Vale destacar, que esse distanciamento entre a teoria disponível para o PMP/PAP e a prática desses procedimentos seguida na indústria, apesar de ainda ser um fato concreto e não superado, como destaca Buxey(2003), já vem sendo diagnosticado há algum tempo em artigos clássicos como: DuBois e Oliff (1991), Duchesi e O'Keefe (1990), Harrison (1976) e Nam e Logendram (1992).

Algumas das razões mais citadas na literatura para a dificuldade de utilização dos modelos analíticos tradicionais ou de abordagens mais modernas como as baseadas em algoritmo genético, redes neurais ou modelos nebulosos otimizantes são: a falta de conhecimento dos profissionais de gestão nas técnicas empregadas e consequente desconfiança nos resultados obtidos; dificuldade de expressar as metas gerenciais sob a forma de função matemática, pois os objetivos costumam ser frequentemente múltiplos, conflitantes e com aspectos qualitativos; impossibilidade ou dificuldade de obter as informações com o nível de precisão requerido; excessivo custo de desenvolvimento; e impossibilidade de simular o processo de decisão do gestor, entre outras.

6. Proposta de Modelagem para o Processo de Gerenciamento do Plano Mestre

À luz desta avaliação, consideramos que uma abordagem promissora para o problema estudado, é a associação da facilidade e praticidade do emprego de simulações “what if” com o arcabouço teórico disponibilizado pelo enfoque da lógica nebulosa, com o objetivo de derivar conclusões a partir de um conjunto de regras baseadas na experiência do usuário. Ou seja, partindo de soluções iniciais, o usuário seria guiado através do espaço de soluções possíveis, por meio de um sistema de inferência nebuloso. Desta forma, a ferramenta proposta, capacitaria o gestor na formulação de estratégias para buscar soluções alternativas.

Um Sistema de Inferência Nebuloso pode ser definido como uma estrutura computacional baseada nos conceitos da teoria dos conjuntos nebulosos, regras nebulosas e no

raciocínio aproximado⁴. Dada a sua natureza multidisciplinar é também conhecido por vários outros nomes, tais como Sistemas Especialistas Nebulosos ou Sistemas Nebulosos Baseados em Regras.

A formalização do conceito de conjunto nebuloso, foi introduzida pela primeira vez pelo professor Lofti A. Zadeh, da Universidade da Califórnia em seu clássico artigo "Fuzzy Sets" (Zadeh (1965)).

A teoria dos conjuntos nebulosos é uma extensão da teoria dos conjuntos clássicos, de forma a tratar o conceito de verdade parcial, onde o grau de pertinência de um elemento ao seu conjunto pode assumir qualquer valor no intervalo $[0,1]$, ao invés de apenas 0 ou 1 como acontece no escopo da teoria dos conjuntos clássicos ou "crisp"⁵.

O princípio básico que suporta a teoria dos conjuntos nebulosos, é a idéia de que o pensamento humano é organizado, não sob a forma de símbolos discretos e números, mas sim em classes de objetos que definem categorias gerais, mas não rígidas, e que a transição de uma categoria para outra é gradual e não abrupta.

A lógica nebulosa, por sua vez, é uma extensão da lógica clássica, e tem suas bases na teoria dos conjuntos nebulosos. Segundo Zadeh (1988) a distinção central entre a lógica clássica e a nebulosa, 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.

A grosso modo, podemos dizer que o raciocínio nebuloso, também conhecido como raciocínio aproximado, corresponde a um processo de inferência que deriva conclusões a partir de um conjunto de regras nebulosas e de fatos conhecidos. Estas regras, constituem a linguagem de representação de conhecimento do sistema nebuloso e são usadas para descrever a interdependência entre as variáveis de entrada e de saída do modelo.

7. Características da Modelagem Proposta

Considerando esta breve contextualização, nosso objetivo é permitir a geração de um plano inicial, a partir da equação básica do plano mestre, e acionar, mediante solicitação do usuário, um "Assistente de Planejamento" que faria um diagnóstico dos possíveis inconvenientes encontrados naquele plano e indicaria as alternativas mais adequadas em tais circunstâncias. Ou seja, seriam implementadas "caixas de mensagem" que surgissem ao longo do processo de planejamento, guiando o usuário através das diversas estratégias para chegar a soluções viáveis.

Conforme já discutimos inicialmente, a seleção de qual estratégia será empregada pelo gestor para lidar com as flutuações da demanda, depende do contexto estudado e é determinante no procedimento de geração do plano de produção desejado.

No mapa conceitual apresentado na figura 1, esquematizamos, a título de ilustração e de forma incompleta, uma das possíveis seqüências de decisão vinculadas a escolha de uma determinada estratégia de planejamento. Esse raciocínio é decorrente do emprego das políticas citadas no item 4.

A necessidade desse tipo de ferramenta de apoio, foi inicialmente percebida durante a utilização num contexto didático de um poderoso simulador para capacidade finita voltado para o problema do sequenciamento da produção no chão-de-fábrica. Naquela ocasião, foi fácil de observar que os alunos, a não ser que fossem devidamente instruídos para isso, e apesar de munidos do simulador, tinham sérias dificuldades de estabelecer uma seqüência de alterações nos planos para atender a um conjunto de metas para alguns indicadores

⁴ vide Jang et al (1997, p. 73)

⁵ Vários autores, entre os quais Klir e Folger (1988), Zimmermann(1985) e Ross(1995), usam para o conjunto visto na teoria dos conjuntos clássica a terminologia "*crisp set*", no sentido de *conjunto nítido, bem definido*, para distingui-lo do conjunto nebuloso.

estabelecidos pelo professor. O que estava faltando no caso, era justamente a formulação de uma estratégia para atingir as metas estabelecidas, nos moldes que estamos propondo aqui.

Um exemplo ilustrativo, de janela de diálogo de um Assistente para guiar o usuário no caso do planejamento mestre, pode ser visualizada na figura 2.

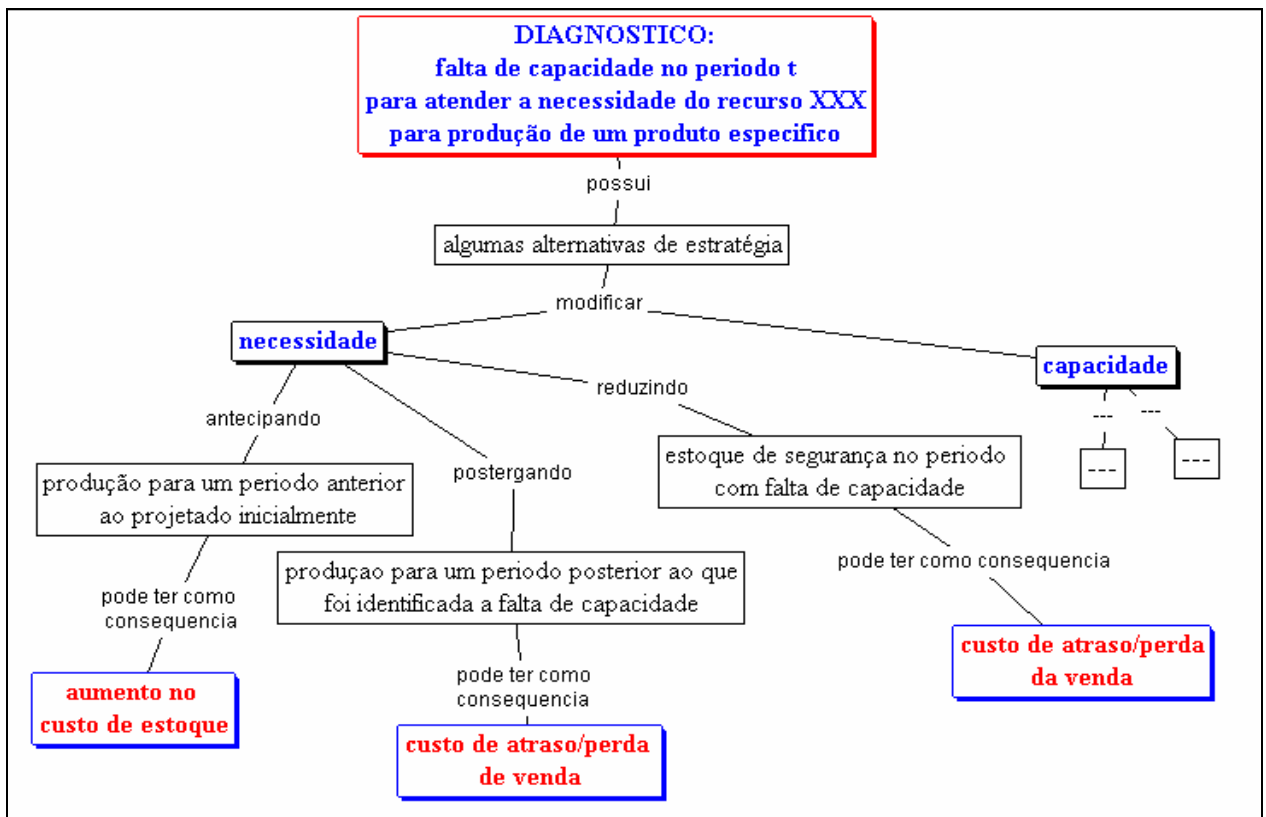


Figura 1 – Mapa Conceitual Parcial com Estratégias Alternativas de Decisão

“Assistente de Planejamento” - exemplo de janela de diálogo

Identificamos para o período 3 do produto XXX que a necessidade está superando a capacidade disponível do recurso “máquina fresadora”.
Em casos como esse poderíamos modificar a demanda ou a capacidade. Tem alguma preferência?
 demanda capacidade

Podemos tentar diminuir a demanda neste período **antecipando a produção** de ZZZ para algum período anterior. Vale lembrar que ao fazermos isto vamos provocar um aumento no custo de estoques. Outra possibilidade é **postergar a produção** para um período depois da falta de capacidade identificada, porém isto pode provocar custo de atraso/perda de venda.
Temos ainda a possibilidade de **reduzir o estoque de segurança** mas também pode gerar custo de atraso/perda de venda.
Qual alternativa prefere seguir?
 antecipar a produção postergar a produção reduzir o estoque de segurança.

Figura 2 – Exemplo de janela de diálogo para o Assistente de Planejamento

Podemos observar que seria interessante colocar duas possibilidades de “tutoria”: um *Assistente Resumido*, que seria adequado para o caso do usuário mais experiente e que acharia cansativa a alternativa “verborrágica”, e um *Assistente Detalhado*, mais indicado para os usuários mais inexperientes.

Com o intuito de conseguir identificar a viabilidade de uma proposta como esta, tanto em termos computacionais como em relação ao seu funcionamento prático, optamos por implementar um programa de teste com um conjunto de regras não muito elaborado, mas que numa etapa posterior, depois de um aprofundamento sobre a questão, seria devidamente refinado e ampliado. Dessa forma poderíamos vivenciar melhor os problemas relativos a formulação proposta, numa abordagem do tipo “prototipagem rápida”.

Consideramos que os experimentos pontuais com o mecanismo de inferência que executa a base de regras seriam relevantes para o adequado entendimento das questões relacionadas com a modelagem do problema.

As regras foram formuladas tendo como base o raciocínio implícito na equação algébrica para geração do plano mestre, cujo raciocínio foi exposto no item 3. Optamos por concentrar inicialmente a atenção apenas nas variáveis previsão de vendas, produção e estoques, que são as variáveis envolvidas diretamente na equação básica, mas posteriormente objetivamos incluir também o nível de mão-de-obra da forma como Rinks(1982) sugere ao discutir o problema do planejamento agregado, que como citamos anteriormente, possui aspectos em comum com a função do planejamento mestre.

O programa com o conjunto de regras proposto como teste, implementa por enquanto apenas a estratégia de acompanhamento da demanda, e seria adequado tentar formalizar posteriormente, as demais estratégias tais como a de nivelamento da produção. Vale destacar, que nesta versão estamos trabalhando exclusivamente com as regras, sem especificar as características relativas ao “Assistente”.

Num estágio inicial, uma vez que objetivamos manter o foco no aspecto da modelagem, optamos pelo emprego de um ambiente de desenvolvimento voltado para a computação matemática, que oferece uma série de recursos relativos a lógica nebulosa. Numa próxima etapa tanto as rotinas relacionadas com o mecanismo de inferência nebuloso, quanto o aspecto “tutorial” da modelagem serão implementadas diretamente em Delphi.

7.1. Descrição das Variáveis Lingüísticas, seus Termos e Respectivas Semânticas.

a) Variáveis Linguísticas

PV_t = vendas projetadas para o período t

E_{t-1} = Nível de estoques ao fim do período $t-1$

P_t = Nível de produção no período t

Sendo: $P_t = f(PV_t, E_{t-1})$

Para cada uma das variáveis de entrada, consideramos 7 **termos lingüísticos**: Muito Baixo (MB), Baixo (B), Quase Baixo (QB), Médio (M), Quase Alto (QA), Alto (A) e Muito Alto (MA). Para o caso da Produção mantivemos experimentalmente 11 termos⁶, mas também

⁶ Aos 7 termos lingüísticos já citados, acrescentamos ainda : PABM (pouco abaixo da média), PB (pouco baixo), PA (pouco alto) e PACM (pouco acima da média)

parece adequado reduzir para sete. Fizemos essa opção tendo em vista que segundo Shaw & Simões (1999), um bom número de funções de pertinência estaria entre 2 e 7 e que a experiência mostra que um aumento de 5 para 7 termos proporcionaria ainda um aumento na precisão de aproximadamente 15%, mas a partir daí as melhorias não são significativas.

Num primeiro momento, foram empregadas funções de pertinência triangulares ou trapezoidais para cada um dos conjuntos nebulosos definidos para as três variáveis, que constam das figuras abaixo.

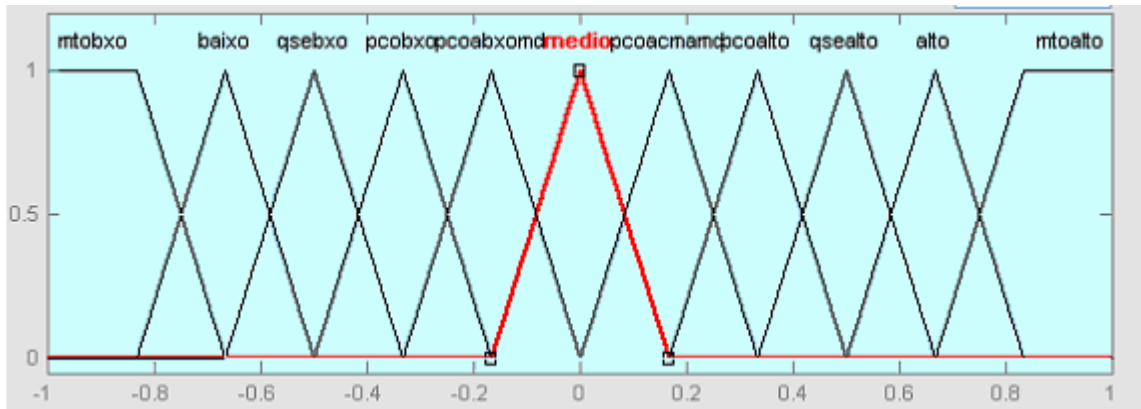


Figura 3 - plote das Funções de pertinência da variável Produção t

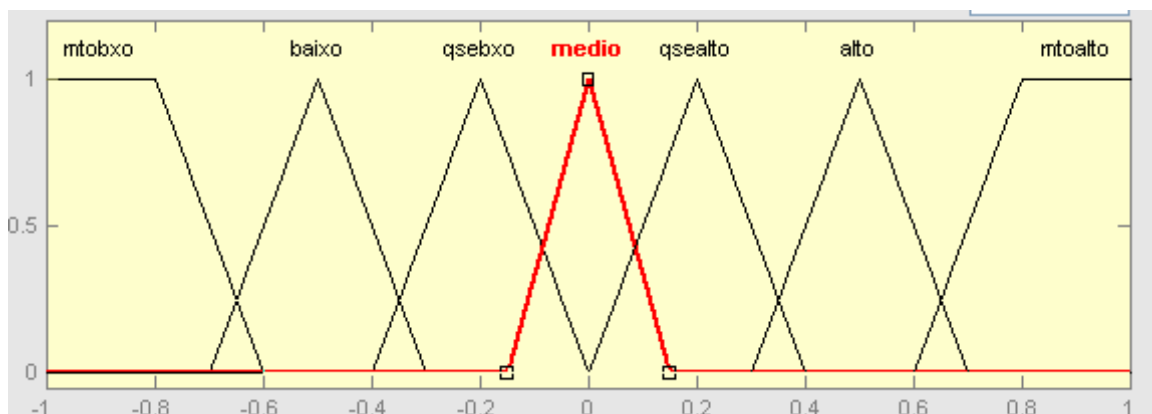


Figura 4 - Funções de pertinência das variáveis Vendas t e Estoque $t-1$

Como podemos observar nas figuras, para as três variáveis empregamos um intervalo de $[-1,1]$, a partir da sugestão de Ostergaard (1977), pois facilitaria o uso da base de regras em contextos com diferentes valores. Uma vez que trabalhamos internamente neste intervalo, é necessário, na entrada de dados, e na saída, fazer um escalonamento dos valores reais, para que recaiam nesses limites.

b) Base de Regras

Optamos pela utilização de regras do tipo Mandani, baseadas, conforme já descrevemos, no tipo de lógica empregada na prática pelos gestores, que é bastante intuitiva.

Ao definir as relações entre as variáveis tentamos, dentro do possível, adotar uma postura mais “conservadora”. Ou seja, tendendo a deixar a produção maior do que o necessário em caso de dúvida.

Vale ressaltar que esta é uma base de regras bastante embrionária e muito provavelmente inadequada ainda ao problema.

Uma das principais questões que objetivamos investigar nesse caso, é a viabilidade em termos de tempo de execução de uma abordagem como essa, dado que, para cada vez que

formos determinar a quantidade a ser produzida para um produto, em um determinado período de tempo, existe a necessidade de executar o mecanismo de inferência inteiro.

Na Tabela abaixo expomos o Mapa de Regras em discussão, correspondendo a um total de 49 regras.

Estoque	MB	B	QB	M	QA	A	MA
PrevVendas							
Muito Baixo	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
Baixo	B	B	MB	MB	MB	MB	MB
Quase Baixo	QB	B	MB	MB	MB	MB	MB
Médio	M	PABM	PB	MB	MB	MB	MB
Quase Alto	QA	PA	PACM	PB	MB	B	B
Alto	A	QA	PA	PABM	B	MB	B
Muito Alto	MA	A	QA	M	QB	B	MB

Tabela 2 - Mapa de Regras

Temos a seguir um exemplo de interpretação de uma das regras da Base:

Regra 18:

Se **PrevVendas** é ALTA e **Estoque** é MUITO BAIXO então **Produção** é ALTA.

No quadro que se segue estão listados também os operadores escolhidos para serem empregados nas diversas etapas de execução do mecanismo de inferência nebuloso. O cerne do mecanismo fica armazenado num arquivo, e este arquivo, contendo a base de regras e os operadores selecionados, é executado a cada vez que deve ser calculada a produção, a partir das variáveis de vendas e estoque.

Operador/Etapa	Método Selecionado
e	min
ou	max
implicação	min
agregação	max
defuzzificação	centróide

Tabela 3 – Métodos/Operadores selecionados

7.2. Estrutura do programa de teste

O programa implementado experimentalmente, é composto de 13 telas e de 8 sub-programas que acessam arquivos de dados e de regras alternativos, conforme esquematizado na figura abaixo.

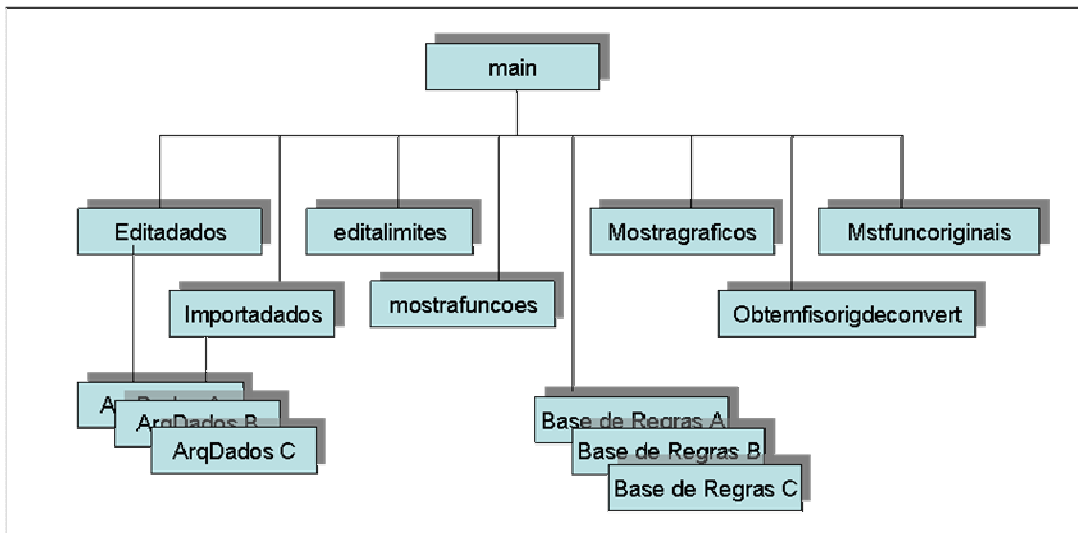


Figura 5 – Estrutura de arquivos do programa de teste

Para um dado produto, o programa permite, a partir da opção de menu “Carrega Regras”, a leitura de um dos arquivos com bases de regras alternativas tais como na tela da figura 6. A partir deste conjunto de regras informado e dos respectivos algoritmos, (tais como o operador de min-max e o método de defuzzificação pelo centróide, por exemplo) e tendo em vista os dados de vendas e estoque que podem ser importados ou editados, o programa executa o motor de inferência para calcular a produção para cada período e mostra o resultado como na tela da fig 7.

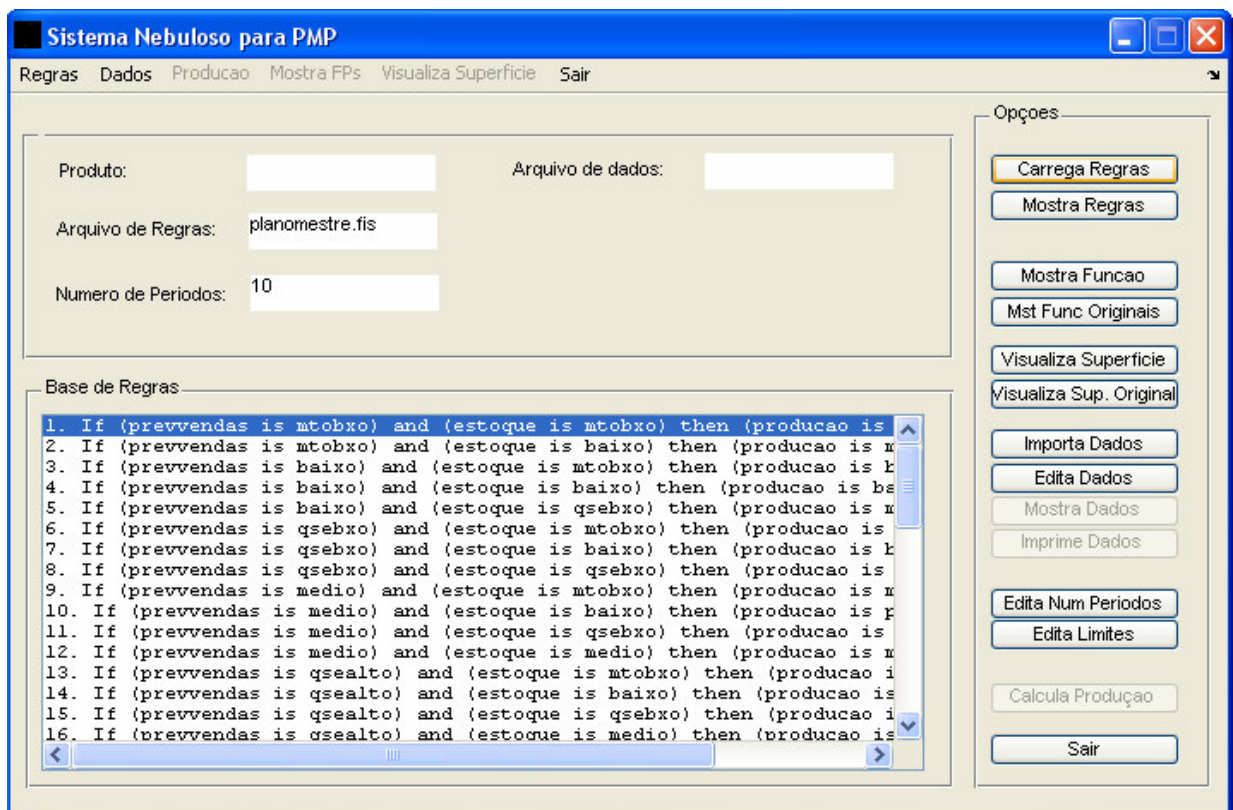


Figura 6 – Exemplo de tela com a opção de menu “Carrega Regras”

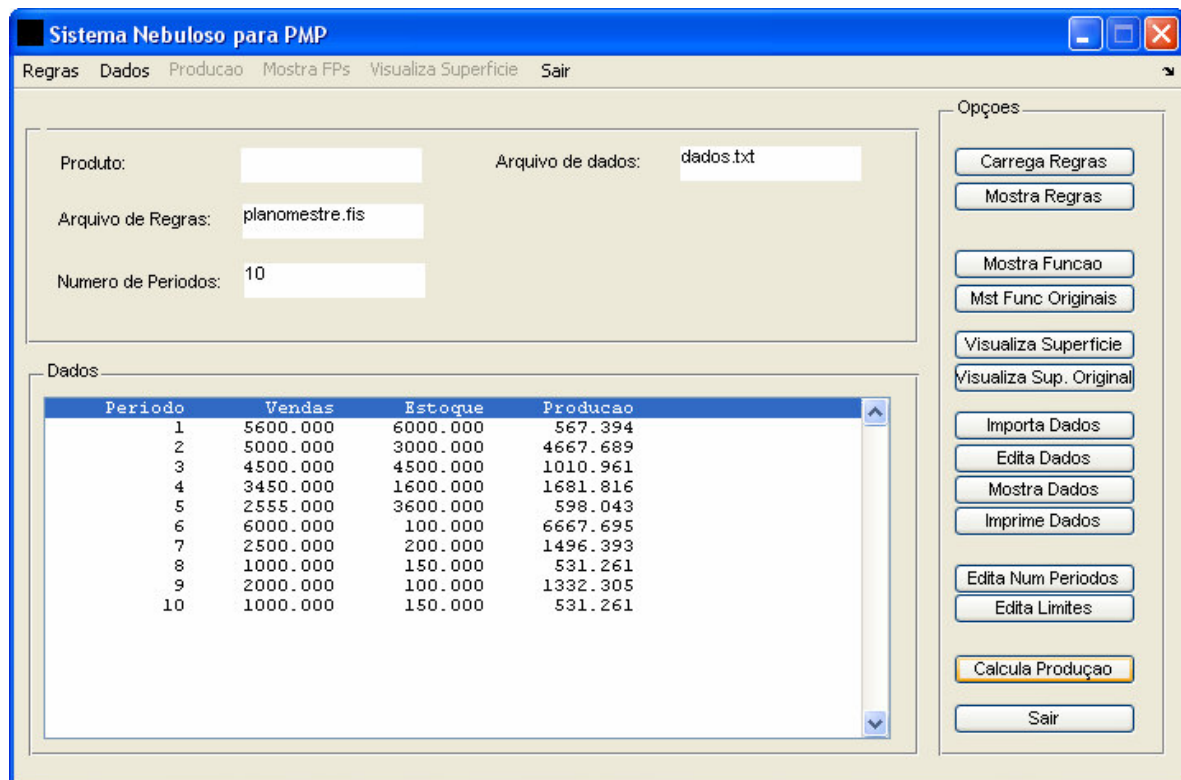


Figura 7 – Exemplo de tela com a opção de menu “Calcula Produção”

8. Conclusão

Tendo em vista a complexidade identificada na atividade de gerenciamento do plano mestre, assim como, as diversas restrições indicadas nos enfoques disponíveis para solucionar o problema, consideramos que uma abordagem promissora para modelagem do processo de definição do plano mestre é a geração de soluções iniciais baseadas no conceito da equação de conservação de estoques. A partir desses valores iniciais, o gestor seria guiado através do espaço de soluções possíveis, por meio de mecanismos inteligentes de apoio a decisão, que auxiliariam na formulação de estratégias para a adequada geração do plano.

O aspecto de interfaceamento entre as funções de marketing e produção, tipicamente exercido pelo planejador mestre, além dos diversos elementos de cunho notadamente subjetivo que influenciam a atividade de planejamento, sugerem que o emprego do paradigma possibilístico, através da lógica nebulosa, traria resultados proveitosos. Conforme pudemos identificar no levantamento sobre as abordagens disponíveis para a atividade em questão, esse tipo de enfoque é especialmente adequado ao tratamento de problemas inerentemente vagos, ambíguos ou com observações de natureza qualitativa, além de permitir uma solução mais compatível com a estratégia de raciocínio do planejador e conseqüentemente mais aceitável para o mesmo.

Com o objetivo de desenvolver o trabalho proposto, focalizaremos, numa próxima etapa, a atenção sobre o aprofundamento do raciocínio empírico empregado pelo gestor no procedimento de gestão do plano mestre. Para isso devemos levar em consideração as diversas estratégias para lidar com as flutuações da demanda, e as influências decorrentes dos vários contextos produtivos. É preciso modelar as demais estratégias identificadas sob a forma de regras nebulosas, além de definir os diversos parâmetros envolvidos, tais como a escolha das funções de pertinência, definição dos termos e variáveis lingüísticas e operadores mais adequados.

Observamos que o enfoque proposto, baseado no raciocínio aproximado, possibilita uma opção mais “transparente” para o gestor, na medida em que sua estrutura emprega justamente as regras que suportam o processo decisório do seu dia-a-dia.

O programa de teste implementado, mesmo num escopo reduzidíssimo, e empregando uma base de regras rudimentar, permitiu avaliar a factibilidade da implementação computacional, que era uma das principais dúvidas até este momento.

O cálculo praticamente instantâneo dos valores determinados para a produção, ainda que tendo empregado uma linguagem interpretada e consideravelmente “lenta”, nos permite concluir pela viabilidade do emprego desta para implementar a formulação proposta.

Outro aspecto importante propiciado pela utilização do programa de teste, é que a partir de sua manipulação obtemos mais subsídios para a própria modelagem do processo de geração do plano mestre através das regras nebulosas e sua associação com as características de software tutorial que desejamos implementar numa etapa posterior.

Referências

ARRUDA, D.M., *Planejamento Mestre da Produção Empregando Mecanismos Inteligentes de Apoio a Decisão*. Nota Técnica – Instituto Nacional de Tecnologia, dez. 2004, 116 p.

BUXEY, G., Strategy not tactics drives aggregate planning. *Int. J. Production Economics*, vol. 85, n. 3, p. 331-346, set. 2003.

CHOPRA, V., Two-Level Master Scheduling: A Breakthrough for Planning and Control., *Readings in Production & Inventory Control and Planning*, American Production and Inventory Control Society, USA, Virginia, pp. 140-143, 1984.

CORRÊA, H. L., GIANESI, I.G.N., CAON, M., *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP - Conceitos, Uso e Implantação*. 4ª edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2001. p. 450.

DUBOIS, F. L. E OLIFF, M. D. Aggregate Production Planning in Practice. *Production and Inventory Management Journal*, p. 26-30, 1991,

DUCHESI, P. E O'KEEFE, R. M., A Knowledge-based Approach to Production Planning. *Journal of Operational Research Society*, vol. 41, n. 5, pp.377-390, UK, 1990.

GAITHER, N., FRAZIER, G., *Administração da Produção e Operações*, 8ª edição, Trad. José Carlos Barbosa dos Santos; revisão Petrônio Garcia Martins. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001, Tradução de: *Production Operations Management*.

HARRISON, F. L., Production Planning in Practice. *OMEGA, The Int. J. of Mgmt Sci.*, vol 4, n.4, Pergamon Press, Great Britain, 1976.

JACOBS, F.R. e BENDOLY, E., Enterprise resource planning: Developments and directions for operations management research context. *European. J. of Operational Research*, vol 146, p. 233-240, 2003.

JANG, J. R., SUN, C. e MIZUTANI, E. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computacional Approach to Learning and Machine Intelligence*. USA: Prentice-Hall. Inc., 1997

KLIR, G.J., FOLGER, T.A., *Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information*. USA: Prentice Hall, 1988, 341 p.

NAM, S. E LOGENDRAN, R., Aggregate production planning - A survey of models and methodologies. *European Journal of Operational Research*, vol 61, p. 255-272, 1992.

OSTERGAARD, J.J. , Fuzzy Logic Control of a heat exchanger process, In: GUPTA, M.M., SARIDIS, G. AND CAINES, B. (eds.) *Fuzzy Automata e Decision Processes*, New York: North-Holland Publishing, p. 285-321, 1977.

RINKS, D.B., A heuristic approach to aggregate production scheduling using linguistic variables, In: YAGER, R.R., (ed), *Fuzzy Set and Possibility Theory*, New York: North-Holland Publishing, 1982b, p. 562-581.

ROSS, T. J., *Fuzzy logic with engineering applications*, USA: McGraw-Hill, 1995, p. 600.

SHAW, I. S., SIMÕES, M. G., *Controle e modelagem fuzzy*. São Paulo: Ed. Edgar Blüker Ltda. 1999, 165 p.

SLACK, N., CHAMBERS, S. e JOHNSTON, R., *Administração da Produção*, 2ª edição, Trad. Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2002, 747 p. Tradução de: *Operations Management*.

ZADEH, L.A., Fuzzy sets. *Information and Control* , Vol. 8, p. 338-353, 1965.

_____, Fuzzy Logic. *IEEE Computer Mag.*, p. 83-93, abr. 1988.

ZIMMERMANN, H. J., *Fuzzy set theory and its applications*, Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing, 1985, p. 363.