



## A ADOÇÃO DE MODELOS DE *SCHEDULING* NO BRASIL: DEFICIÊNCIAS DO PROCESSO DE ESCOLHA

**Ricardo Ferrari Pacheco**

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Programa de Pós-graduação em Informática Aplicada  
E-mail: rpacheco@ppgia.pucpr.br

**Miguel Cezar Santoro**

Departamento de Engenharia de Produção  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
E-mail: santoro@usp.br

### **Resumo**

*Este trabalho resume algumas das conclusões obtidas com um estudo de casos baseado em entrevistas e questionários, por meio do qual se pesquisou o processo de escolha adotado por empresas interessadas em sistemas de programação da produção (schedulers). Este artigo focaliza a discussão nas deficiências dos processos decisórios analisados, contribuindo para uma melhor compreensão das limitações enfrentadas pelas empresas na escolha de tais sistemas.*

**Palavras-chave:** *programação da produção, processo de decisão, scheduling.*

### **1. Introdução**

Os problemas de programação da produção são alvo de incontáveis trabalhos de pesquisa operacional há cerca de 4 décadas. A despeito do grande volume acadêmico de trabalhos nesta área, seus resultados tem tido uma aplicação bastante reduzida nas empresas.

Alguns trabalhos discutem as dificuldades das abordagens atuais em atenderem problemas

reais tais como KING (1976), GRAVES (1981), BUXEY (1989), HAIDER *et al.* (1981), KOCHHAR (1982), McKAY *et al.* (1988), RANDHAWA & McDOWELL (1990), MACCARTHY & LIU (1993), WIERS (1996), CARIDI & SIANESI (1997). Entretanto, alguns aspectos não são tratados de forma satisfatória. Em particular, não foram localizados trabalhos que abordem em que grau as informações sobre as características e deficiências dos modelos de

*scheduling* são percebidas pelas empresas ou mesmo o grau de desconhecimento dos modelos pelas empresas, ou ainda quais os aspectos considerados importantes num processo de escolha de tais modelos.

Atualmente, a pressão por maior competitividade tem levado empresas que já adotaram ferramentas de integração de seus diversos setores (denominados sistemas ERP, ou *Enterprise Resource Planning*) a buscarem as denominadas ferramentas de otimização da cadeia de suprimentos (SCM: *Supply Chain Management*), que englobam sistemas de apoio à decisão (DSS: *Decision Support System*) baseados em modelos otimizantes ou heurísticos de todas as etapas do planejamento e controle da produção: projeto da cadeia logística, previsão de demanda, planejamento e programação do fornecimento, da produção e da distribuição. O mercado mundial de ferramentas de SCM encontra-se em rápida expansão, tendo em 1999 ultrapassado a marca de US\$ 1 bi em faturamento (BEENCHMARKETING PARTNERS, 1999).

Este trabalho resume as conclusões obtidas por meio de um estudo de caso realizado em seis empresas brasileiras, no qual se procurou detectar deficiências no processo de escolha de modelos de programação da produção com capacidade finita (*schedulers*), que atualmente compõe um dos módulos das ferramentas SCM. Todas as empresas pesquisadas possuem capital privado, grande porte, liderança em seus segmentos, características que facilitam a modelagem da programação da produção (estrutura de produtos não complexa) além de produção intermitente e discreta com diferentes roteiros (*job shop*). Os ramos de atividade variam, dando uma maior generalização aos resultados obtidos. O contexto competitivo nelas torna de importância estratégica a programação da produção: ambientes de competição acirrada tanto em redução de custos de estoque, quanto em confiabilidade no atendimento de datas e redução de prazos, e dificuldades de variação de capacidade a curto e médio prazos.

## 2. Metodologia da Pesquisa

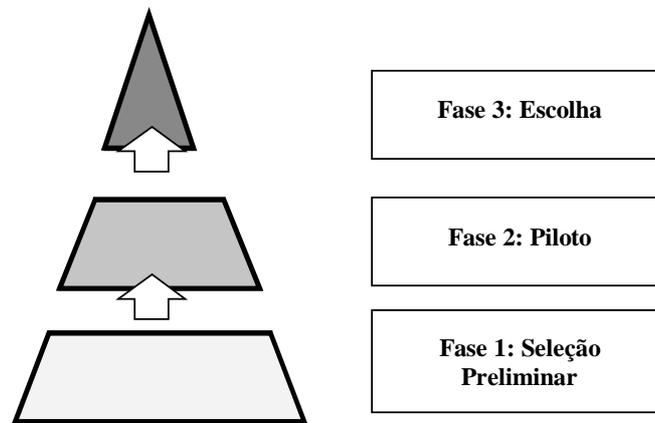
Tendo em vista os objetivos da pesquisa, focalizando de forma detalhada como a mesma desenvolveu o processo de escolha de sistemas de *scheduling*, impõe-se a necessidade da presença física do pesquisador na empresa para que o processo seja compreendido em detalhes. Portanto, a abordagem de pesquisa escolhida deveria possibilitar que a percepção do pesquisador fosse utilizada no processo de estudo do problema, levando conseqüentemente a uma restrição da quantidade de empresas pesquisadas.

O uso de tal abordagem vem ao encontro das tendências de pesquisa no campo de administração de operações (EBERT, 1990). HILL (1999, p. 143) critica o distanciamento do pesquisador das empresas, mostrando que em apenas 6% das pesquisas são utilizados dados coletados diretamente, mediante entrevistas em duas ou mais organizações. Sessenta e seis por cento utilizam estimativas ou dados coletados a distância por meio de questionários, cuja veracidade é questionável.

Assim, adotou-se a abordagem qualitativa baseada em múltiplos casos, utilizando-se questionários semi-estruturados, que, segundo YIN (1988), auxiliam a reduzir as distorções de interpretação ou induções causada pela proximidade do pesquisador com o objeto estudado.

Quanto ao critério de amostragem, utilizou-se o que é classificado por PATTON (1990) como proposital, cujo propósito é o selecionar casos ricos em informação para estudos em profundidade, ao contrário da amostragem aleatória probabilística, cujo propósito é a generalização. Dentro da amostragem proposital, utilizou-se a amostragem baseada em teoria (ou construção operacional). Isto significa dizer que as empresas pesquisadas apresentam características que precisam ser justificadas segundo determinado raciocínio.

Nesta pesquisa, as empresas selecionadas possuem características que, acredita-se, as tornam fortemente propícias a encontrarmos



**Figura 1 – Etapas do Processo de Escolha**

nelas modelos de *scheduling* de capacidade finita. Tais características são:

- Empresas privadas, atuantes em mercados onde a competição é intensa, no qual o atendimento a prazos de entrega é muito valorizado pelo cliente.
- Empresas com produção intermitente do tipo *job shop* ou *flow shop*, com produção sob encomenda.
- Grandes empresas, líderes do seu setor de atuação.
- Empresas cujos produtos são discretos e que possuem estrutura simplificada.

Adicionalmente procurou-se adequar o número de casos pesquisados ao número de pesquisadores (um, neste caso) aos recursos (providos pelo próprio pesquisador) e tempo disponível dos entrevistados e do pesquisador e possibilidade da empresa em fornecer as informações solicitadas. Localizou-se durante a pesquisa, dois setores produtivos que atenderam as características desejadas: o setor metalúrgico ou siderúrgico com produção sob pedido e o setor gráfico de publicação de revistas. Foram analisadas 6 empresas.

### 3. A Dinâmica do Processo de Escolha

Como qualquer outro processo de decisão, a escolha de um modelo de programação da produção envolve potencialmente ganhos e

riscos. É esperado, sob o ponto de vista racional, que o decisor pondere quais as conseqüências da escolha de um modelo de programação em detrimento de outro, ainda que essa ponderação se dê de modo informal. Aspectos políticos ou restrições impostas fora do contexto racional do decisor podem interferir nas alternativas analisadas e na decisão tomada.

Os processos decisórios das empresas que adotaram modelos de programação com capacidade finita podem ser caracterizados por três fases, identificadas na Figura 1, cujas características são apresentadas a seguir.

#### Fase 1 – Seleção Preliminar de Alternativas

É feita geralmente por um grupo multifuncional, normalmente indivíduos do corpo técnico da empresa. Este grupo costuma ser fixo e envolve elementos das áreas de planejamento e/ou programação e informática, podendo envolver ainda elementos dos setores de processo, produto ou comercial, que se reúnem com uma razoável frequência durante o processo (aproximadamente semanal). A análise é baseada em aspectos predominantemente técnicos, sendo que os principais critérios analisados são:

- Estudo superficial das funcionalidades da ferramenta.
- Estudo superficial da aderência da ferramenta às características do processo produtivo.

- Estudo das características da arquitetura de *software* utilizada: uso de memória residente, interface gráfica, multiusuário, forma de troca de informações com demais sistemas.
- Estudo da compatibilidade com a plataforma de *hardware* e *software* da empresa (sistema operacional, banco de dados e compatibilidade com os demais sistemas residentes).
- Estudo da confiabilidade do fornecedor: porte da empresa, representatividade no mercado e capacidade de suporte a clientes.
- Em alguns casos, um levantamento de custo estimado.

O processo é geralmente formalizado, gerando um relatório de avaliação comparativa ou recomendação para os altos escalões da empresa. Não são utilizados pesos para ponderação entre os critérios analisados constituindo-se geralmente de uma análise qualitativa. Esta fase pode levar cerca de 6 meses ou mais e elimina algumas das alternativas, mantendo normalmente 2 ou 3, que serão analisadas na fase seguinte.

## Fase 2 – Elaboração e Análise dos Pilotos

Na segunda fase, em geral, se procura analisar detalhadamente as poucas alternativas selecionadas na fase 1. É elaborado um piloto de implantação para cada alternativa de modo a se avaliar detalhadamente as características da ferramenta e sua aderência ao problema.

Em qualquer processo decisório, a avaliação de cada uma das alternativas deve envolver a consideração de três aspectos fundamentais: os benefícios esperados, o risco (distribuição de probabilidade dos possíveis resultados obtidos) e os custos associados à escolha de cada alternativa. A preferência entre alternativas com diferentes benefícios líquidos esperados e diferentes graus de risco irá depender do nível de aversão ao risco do decisor (Von NEWMANN & MORGENSTEIN, 1944).

Nos processos decisórios estudados, os custos decorrentes da escolha de uma alternativa podem ser conhecidos pelos decisores com relativa facilidade, por meio de orçamentos. Os principais

custos a serem estimados são os custos dos equipamentos (*hardware*), do sistema (*software*), do treinamento dos usuários e da implantação (considerando-se aqui o desenvolvimento de interfaces entre os sistemas).

Com relação aos riscos envolvidos, o levantamento de informações é mais difícil. Por meio de implantações experimentais da ferramenta (conhecidas como pilotos) elaboradas pelos fornecedores em parceria com o pessoal da empresa, é possível avaliar diversos riscos envolvidos na escolha de uma alternativa. Os pilotos são avaliados comparativamente quanto à capacidade de modelar adequadamente as funcionalidades consideradas importantes, utilizando-se uma massa de dados comum fornecida pela empresa avaliadora. Desta forma, o piloto tem por função reduzir os riscos da decisão, principalmente sob os seguintes aspectos:

- *Aderência do modelo*: o uso do piloto permite que se verifique quais características do processo produtivo são passíveis de serem modeladas, reduzindo os riscos de que algumas julgadas importantes não sejam modeladas adequadamente.
- *Flexibilidade do modelo*: o uso do piloto permite avaliar se a parametrização do modelo permite que o mesmo se torne adequado às necessidades da empresa.
- *Velocidade de execução da programação*: o piloto permite que se verifique se o tempo necessário para execução da programação de um problema com o porte próximo do real (recursos, ordens, operações, roteiros) é aceitável.
- *Informações de apoio à decisões de programação e planejamento*: o uso do piloto permite avaliar a qualidade dos relatórios e consultas disponíveis no sistema.
- *Capacitação de suporte do fornecedor*: o uso de piloto por um período permite estimar a capacidade e presteza no atendimento por parte do fornecedor na solução de problemas.
- *Qualidade da interface*: permite avaliar se o sistema é amigável ou de difícil uso nas condições reais de trabalho.

Com relação aos benefícios potenciais da escolha de uma alternativa em detrimento de outra, a avaliação por meio de pilotos não é tão simples. Discutiremos este aspecto adiante.

### Fase 3 – A Decisão

A decisão é realizada pela alta hierarquia da empresa, geralmente um pequeno grupo. Os elementos encarregados do estudo das alternativas existentes e avaliação do piloto não costumam ter autonomia para decidir, embora participem e influenciem muito na decisão. Elementos do departamento comercial tem, em geral, muita influência.

Os critérios utilizados na decisão não são formalizados. Não há informações sobre ponderação entre os objetivos. Considera-se nesta fase outros aspectos além dos aspectos técnicos analisados na fase 1 e 2. Alguns desses aspectos são:

- Custos e forma de pagamento.
- Metodologia, tempo de implantação e equipe necessária.
- Aspectos políticos da escolha e seus impactos sobre as pessoas envolvidas.
- Escolhas feitas pelos principais concorrentes ou por outras unidades da empresa.

### 4. Deficiências Diagnosticadas nos Processos Decisórios Estudados

Neste tópico analisamos as principais deficiências encontradas em nosso estudo na decisão de adoção de modelos de programação da produção com capacidade finita. Um resumo das principais deficiências detectadas, organizadas pelas fases já definidas, é mostrado na Tabela 1 a seguir.

#### Deficiências da Fase 1:

Um modelo de *scheduling* pode ser adotado com diversas finalidades: reduzir tempo de fluxo e estoques intermediários; maximizar o uso de recursos; melhorar confiabilidade nos prazos de

entrega fornecidos aos clientes no momento do aceite da ordem; permitir a análise detalhada de impactos de novas ordens no atendimento de ordens já aceitas; reduzir os tempos médios de atendimento (*lead-time*), bem como impacto financeiro da decisão de aceite de uma ordem. É também importante observar que ferramentas de planejamento que com mais frequência utilizam modelos de programação matemática, também permitem uma análise, com menor nível de detalhe mas com maior velocidade de resposta, da capacidade de atendimento da empresa quanto a pedidos de clientes, fazendo com que tanto os módulos de *scheduling* quanto o de planejamento possam ser desejáveis.

Uma vez que esses objetivos são conflitantes, e que algumas ferramentas são mais voltadas a atender alguns objetivos em detrimento de outros, uma definição clara do que se deseja é fundamental para uma boa escolha. Não é raro ocorrerem deficiências devidas à falta de formalização dos objetivos que se pretende alcançar com o uso do modelo analisado.

A segunda deficiência detectada diz respeito à falha na busca das alternativas existentes. O crescimento do mercado mundial de ferramentas matemáticas de planejamento e programação da cadeia de produção tem sido muito grande nos últimos anos. Dezenas de soluções estão atualmente disponíveis no mercado, variando em amplitude de ambientes modelados, complexidade das funcionalidades modeladas, abordagem matemática utilizada, entre outras características. As empresas analisadas geralmente não procuram fazer um estudo prévio das ferramentas disponíveis no mercado mundial e nacional, escolhendo 3 ou 4 opções mais conhecidas ou indicadas por alguma fonte. *Sites* especializados em soluções de tecnologias da informação (tais como [www.manufacturingsystems.com](http://www.manufacturingsystems.com)) fornecem extensas listas de aplicações divididas por categorias, que normalmente não são consultadas pelas empresas.

A terceira deficiência, e certamente a maior detectada na fase 1, é a pouca ou nenhuma importância dada à abordagem matemática

**Tabela 1 – Deficiências nas Fases Decisórias**

<b>Deficiências na Fase 1:</b>
Falta de formalização dos objetivos da adoção do modelo e importâncias relativas
Falha na busca das alternativas existentes
Desconhecimento das abordagens matemáticas existentes
<b>Deficiências da Fase 2:</b>
Pouca preocupação com a avaliação da qualidade do modelo
Preocupação excessiva com a aderência do modelo
<b>Deficiência da Fase 3:</b>
Falta de formalização dos critérios utilizados na escolha

utilizada nos modelos alternativos de *scheduling*. Nos processos decisórios estudados detectou-se uma preocupação bastante grande com as características desejáveis em um sistema de informação genérico e pouca com o modelo matemático utilizado. Uma das explicações para esse fenômeno parece ser o fato de que a cultura de sistemas de informação (SI) é muito mais disseminada nas empresas do que a cultura de modelagem de problemas baseada em conceitos e técnicas da pesquisa operacional (O'KEEFE, 1995), o que faz com que a análise das alternativas seja avaliada de uma forma mais completa como sistema de informações do que como um modelo de pesquisa operacional.

A escolha da abordagem matemática adequada para o problema de programação de uma determinada empresa envolve o conhecimento de diversos pontos como:

- Objetivos e suas prioridades;
- Porte do problema a ser solucionado;
- Frequência de programações desejada ;
- Complexidade das restrições;
- Existência ou não de gargalos conhecidos, fixos ou variáveis;
- Abordagens alternativas e seus desempenhos relativos.

Constatou-se em nosso estudo o pequeno conhecimento das abordagens matemáticas existentes para a solução de problemas combinatoriais por parte das empresas pesquisadas. Entrevistamos 6 empresas em processo de

escolha de modelos de *scheduling* e perguntamos com quais modelos matemáticos estavam familiarizados. Na Tabela 2, a seguir, pode-se observar o baixo grau de conhecimento das abordagens existentes por parte das empresas.

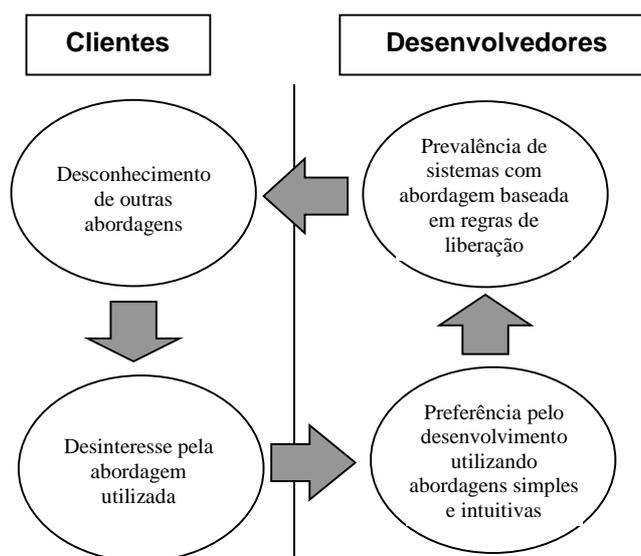
Observa-se que a abordagem baseada em regras de liberação é a mais conhecida. Esta abordagem é uma das primeiras e ainda a mais comumente utilizada nos modelos de programação da produção comercializados (PEDROSO & CORREA, 1999). O fato dessa abordagem ser de mais fácil implementação e mais intuitiva, favorece sua utilização, embora a qualidade da solução gerada seja geralmente inferior a outras. Esta situação tende a se perpetuar pois não detectamos ainda pressão sobre as empresas fornecedoras de *software* para a oferta de sistemas com modelos matemáticos de melhor qualidade. A boa aceitação desse tipo de abordagem é, a princípio, útil às empresas fornecedores de sistemas, pois, uma vez que esse aspecto é pouco considerado no processo decisório, a utilização de regras de liberação simplifica o desenvolvimento do sistema, que por sua vez, reforça o desconhecimento e desinteresse das empresas com relação a outras abordagens. A Figura 2, a seguir, ilustra o ciclo de reforço tratado. Além disso, o fato da abordagem com regras de liberação ser mais intuitiva que outras abordagens mais sofisticadas contribui para a redução da sensação de risco do decisor em estar adquirindo um sistema muito “complicado”.

**Tabela 2 – Grau de Conhecimento das Abordagens Matemáticas nos Casos Estudados**

Abordagens Acadêmicas	Empresa					
	A	B	C	D	E	F
Programação Inteira		◆		◆	◆	◆
<i>Branch-and-Bound</i>		◆				
Programação Dinâmica				❖	❖	
Heurística de Gargalo Único	◆			◆	◆	◆
Heurística de Gargalo Móvel						◆
Regras de Liberação	◆	◆	❖	◆	◆	◆
Gargalo Dinâmico						
Redes Neurais		◆				
Busca Aleatória		◆				
Busca em Árvore		◆				
Sistemas Especialistas		◆				
Heurística de Busca Vizinhança		◆				
Algoritmos Genéticos		❖				
<i>Simulated Annealing</i>		◆				

Símbolo	Significado
◆	Familiarizado (conhece a abordagem)
❖	Parcialmente familiarizado (conhece a idéia geral da abordagem)

**Figura 2 – Ciclo de Reforço: Difusão de Sistemas Baseados em Regras de Liberação e Desconhecimento das Demais Abordagens**

Fornecedores que dizem não utilizar regra de liberação não divulgam com clareza e detalhe a abordagem matemática utilizada, contribuindo para a pouca valorização desse aspecto no processo decisório, ao invés de utilizá-lo como um diferencial competitivo. Algumas das razões citadas são:

- Alegação de que o algoritmo é um segredo a ser protegido dos concorrentes. Em muitos casos fica claro que os representantes do sistema *comercializam o sistema sem conhecer a abordagem utilizada e as empresas o adquirem sem questionamentos.*
- A explicação da abordagem matemática é complicada e pouco relevante à empresa interessada no sistema. Abordagens matemáticas complicadas podem dar a entender ao usuário que o sistema é difícil de ser usado, pouco transparente e portanto, *apresenta alto risco de ocorrência de problemas.*

### **Deficiências da fase 2:**

Embora os projetos pilotos sejam utilizados para reduzir os riscos da decisão, normalmente pecam na avaliação do grau de melhoria a ser obtido na programação da produção. Como já citado, o pouco conhecimento e experiência com modelos matemáticos combinatoriais faz com que as empresas estudadas façam uma análise limitada da qualidade do modelo utilizado. Esta dificuldade é bastante compreensível em se tratando de usuário inexperientes, uma vez que tais algoritmos podem apresentar resultados bastante diferentes dependendo das condições do ambiente produtivo (distribuição das cargas nas máquinas, distribuição das datas de entrega, por exemplo) e da confiabilidade dos dados utilizados (tempos de operação, tempos de preparação, por exemplo). A avaliação do modelo com apenas uma reduzida massa de dados, comum nas empresas estudadas, não é recomendável, pois é insuficiente para se avaliar a robustez do modelo bem como analisar a sensibilidade do mesmo às variações das condições do ambiente produtivo.

As principais razões que fazem com que a qualidade do programa gerado não seja avaliada comparativamente são:

- Indefinição de uma função objetivo: nos casos estudados não foi definida uma função objetivo para avaliação da qualidade do modelo, ponderando adequadamente os vários objetivos relativos a atrasos, uso da capacidade e estoques intermediários. Dessa forma, os resultados não podem ser comparados adequadamente pela falta de critérios formais.
- Desconhecimento do programa ótimo: para se obter o programa ótimo é necessário que se construa um modelo otimizador em cuja função objetivo sejam ponderados adequadamente os vários objetivos relativos a atrasos, uso da capacidade e estoques intermediários e outros, de acordo com os objetivos da empresa. Dessa forma, a empresa não tem conhecimento de quão longe (ou próximo) os resultados dos pilotos estão de um resultado ótimo.
- Desconhecimento das distintas abordagens existentes: o que faz com que os decisores avaliem mais a aderência do modelo, do que a qualidade de abordagem utilizada, como será tratado adiante.

Nosso trabalho mostrou que os decisores consideraram que, quanto maior a aderência do modelo, maiores devem ser os benefícios esperados pelo mesmo, independentemente da abordagem matemática e da qualidade do algoritmo utilizado. Este processo decisório apresenta sérias possibilidades de distorção da avaliação, já que se trata de um processo decisório no qual os custos financeiros são conhecidos. Alguns dos principais riscos existentes na adoção do modelo podem ser avaliados comparativamente por meio da confecção de pilotos, mas os benefícios são de difícil estimativa.

O processo acaba por basear-se na escolha do modelo com a melhor aderência às características do processo produtivo (menor risco), e que atenda aos demais critérios qualificadores (documentação, interface, flexibilidade, etc.)

relacionados em grande parte a características de sistemas de informação genéricos. Fica claro que a escolha da melhor alternativa exigiria uma maior precisão na estimativa dos benefícios que podem ser obtidos com a escolha de cada uma delas. As duas principais razões para esse comportamento parecem ser:

- Desconhecimento das características das abordagens matemáticas existentes, e portanto, da variação do grau de qualidade das soluções que podem existir, dependendo da abordagem e da qualidade do algoritmo utilizado pelo modelo de programação.
- Deficiências na avaliação do piloto quanto à qualidade do resultado produzido pelo modelo e quanto à sensibilidade do modelo às variações das características do problema.

Se a qualidade da solução fornecida pelo modelo é mal avaliada, já as funcionalidades do modelo no que diz respeito a sua aderência com as características do processo produtivo são, em muitos casos, avaliadas com excesso de detalhe, gerando alguns problemas. É comum observarmos que:

- As características definidas como importantes de serem tratadas pelo modelo são em geral determinadas pelos elementos da empresa, que, embora conheçam o processo produtivo, não conhecem o impacto da inclusão, na programação, de cada característica do processo. A inclusão de algumas restrições no modelo pode aumentar muito sua complexidade e o tempo de obtenção da solução, sem a adequada contrapartida em termos de melhoria na qualidade da programação.
- Dependendo da abordagem matemática utilizada, características do problema podem ser importantes em certos pontos do processo produtivo e menos importantes em outros. Por exemplo: na abordagem baseada na teoria das restrições (método de gargalo único), a consideração de *setup* dependente pode ser importante no gargalo, mas pouco relevante em equipamentos com excesso de capacidade. Logo, aderência e abordagem devem andar juntas num processo de avaliação dos modelos.

- Modelos distintos com o mesmo nível de atendimento às restrições consideradas importantes pelo usuário (mesma aderência) podem produzir programas de qualidade e tempo de execução muito diferentes, dependendo de como as restrições foram modeladas e da abordagem matemática utilizada.

### Deficiências da fase 3:

A falta de formalização e definição prévia dos fatores de ponderação dos critérios analisados nas fases 1 e 2 dá margem a que os processos decisórios envolvam aspectos subjetivos, não racionais, que distorcem a análise técnica realizada nas fases 1 e 2.

Verificou-se, de fato, pela análise do processo de escolha entre alternativas que ultrapassaram a barreira das fases 1 e 2 nas empresas estudadas, que o processo decisório apresentou, além do componente racional, um forte componente organizacional e político, fazendo com que a escolha fosse centrada, por exemplo, nos mesmos sistemas utilizados por concorrentes ou grandes empresas mundiais, ou naqueles que teriam o aval das empresas matrizes.

## 5. Conclusões

Este trabalho procurou trazer contribuições para que o processo da escolha de modelos de programação de maior complexidade seja realizado com maior qualidade.

O trabalho discutiu as principais deficiências encontradas nos processos decisórios das empresas interessadas na adoção de um modelo de programação da produção de capacidade finita.

Detectou-se nas empresas a necessidade de melhor qualificação do pessoal encarregado da análise da qualidade de modelos com este novo patamar de complexidade demandado pelas empresas. A consideração de que um modelo deve ter a maior aderência possível e que isso leva necessariamente a uma boa solução é uma simplificação grosseira do problema, podendo levar a erros sérios de modelagem. Uma boa

compreensão do modelo e de sua abordagem de solução, enriquecendo-o ou empobrecendo-o quando necessário é fundamental para uma implementação bem sucedida.

Mais especificamente com relação à análise de pilotos, detectou-se uma grande carência de metodologia para a realização de tal análise por parte das empresas. Devido ao fato da solução ótima ser impraticável na quase totalidade dos problemas reais de programação da produção, deve-se avaliar a qualidade de modelos heurísticos buscando neles 4 propriedades principais (SILVER *et al.*, 1980):

- Exigir um esforço computacional realista;
- Proximidade do ótimo, em média;
- Baixa probabilidade de resultados ruins;
- Ser simples, compreensível e intuitivo, se possível.

A última propriedade, embora possua pouca importância sob o aspecto acadêmico, é bastante importante sob o ponto de vista prático. Heurísticas intuitivas e facilmente compreensíveis são mais facilmente implantáveis, pois favorecem a redução das barreiras impostas por usuários humanos a decisões informatizadas.

Em muitos casos, mais importante que a estimativa da distância entre a qualidade da solução obtida pela heurística e a qualidade da solução ótima, é a definição de quais as condições que fazem com que o resultado fornecido pela heurística seja muito ruim, e portanto, não deva ser utilizado.

Na impossibilidade de comparação com a solução ótima, especialmente devido ao porte combinatorial do problema, algumas alternativas podem ser utilizadas pelas empresas para a

avaliação da qualidade da decisão fornecida pelo modelo heurístico (e mesmo para a avaliação do efeito da inserção de restrições a mais no modelo). As mais comuns são:

- Comparação com solução ótima previamente conhecida de problemas-padrão de grande porte (em geral poucos).
- Comparação com solução ótima de problemas de pequeno porte.
- Comparação relativa entre heurísticas.
- Comparação com soluções de problemas randomizados.
- Relaxação de uma ou mais restrições num modelo otimizador.
- Execução de um modelo durante período de tempo controlado.
- Comparação com a solução do especialista humano.

A escolha de cada uma dessas abordagens irá depender de que informação se deseja com a execução do piloto, por exemplo, qual a proximidade da solução ótima fornecida pela heurística, comparação entre qualidade de solução e tempo computacional entre heurísticas distintas, estimativa do tempo computacional para o problema real a ser tratado, expectativa de melhoria com relação ao programa atual ou impacto, em termos de qualidade e eficiência computacional, da inclusão ou não de restrições no modelo.

Como recomendação final, é importante lembrar que avaliação deve incluir testes com distintas massas de dados, uma vez que a qualidade do resultado pode depender de diversos fatores tais como a carga imposta, o *mix* de produtos a serem fabricados e o tamanho dos lotes.

## Referências Bibliográficas

- BEENCHMARKING PARTNERS:** *The Supply Chain Management Market Leaders*. UK, september, 1999.
- BUXEY, G.:** "Production Scheduling: Practice and Theory", *European Journal of Operational Research*, vol. 39, p. 17-31, 1989.

- CARIDI, M. & SIANISI, A.:** "Short-Term Production Planning in Small & Medium Enterprises", *SME-SME Conference*, UK, 1997.
- EBERT:** "Announcement of empirical/filed based methodologies in JOM"; *Journal of Operations Management*, vol. 90, n. 1, p. 135-137, 1990.

- GRAVES, S.C.:** “A Review of Production Scheduling”, *Operations Research*, vol. 29, n. 4, p. 646-675, 1981.
- HAIDER, S.W.; MOODIE, C.L. & BUCK J.R.:** “An Investigation of the Advantages of Using Man-Computer Interactive Scheduling Methodology for Job Shops”, *Int. Journal of Production Research*, vol. 19, n. 4, p. 381-392, 1981.
- KING, J.R.:** “The Theory-Practice Gap in Job-Shop Scheduling”, *The Production Engineer*, march, 1976.
- KING, J.R.:** “Scheduling and the Problem of Computational Complexity”, *Omega*, vol. 7, n. 3, p. 233-240, 1979.
- KOCHHAR, A.:** “Why Computadorized Production Control Systems Continue to Disappoint”, *Production Engineer*, vol. 61, n. 12, p. 37-38, 1982.
- MACCARTHY, B.L. & LIU, J.:** “Addressing the Gap in Scheduling Research: a Review of Optimization and Heuristic Methods in Production Scheduling”, *International Journal of Prod. Research*, vol. 31, n. 1, p. 59-79, 1993.
- McKAY, K.N.; SAFEYENI, F.R. & BUZACOTT, J.A.:** “Job Shop Scheduling Theory: What is Relevant?”, *Interfaces*, vol. 18, p. 84-90, 1988.
- PATTON, M.Q.:** *Qualitative Evaluation and Research Methods*, Ed. Newbury Park, 1990.
- PEDROSO, M.C. & CORRÊA, H.L.:** “Sistemas de Programação da Produção com Capacidade Finita: Uma Decisão Estratégica?”, *RAE – Revista de Administração de Empresas*, vol. 36, n. 4, p. 60-73, 1996.
- RANDHAWA, S. & McDOWELL, E.:** “An Investigation of the Applicability of Expert Systems to Job Shop Scheduling”, *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 32, p. 203-213, 1990.
- SILVER, E.A.; VIDAL, R.C. & WERRA, D.:** “A Tutorial on Heuristic Methods”, *European Journal of Operational Research*, vol. 5, p. 153-162, 1980.
- Von NEUMANN, J. & MORGENSTERN, O.:** *Theory of Games and Economic Behavior*, New York, John Wiley, 1944.
- WIERS, V.C.S. & VAN DER CHAAF, T.:** “A Framework for Decision Support in Production Scheduling”, *Production Planning and Control*, vol. 8, n. 6, p. 533-544, 1997.
- YIN, R.K.:** *Case Study Research: Design and Methods*, Newbury Park, rev. ed. Sage Publications, 1988.

## ***THE ADOPTION OF SCHEDULING MODELS IN BRAZIL: SELECTION PROCESS DEFICIENCIES***

### ***Abstract***

*This article summarizes some conclusions obtained through case studies about the selection process of finite capacity scheduling systems adopted by companies in Brazil. The discussion is focused on decision process deficiencies, contributing to a better comprehension of the difficulties faced by companies to select this kind of system.*

***Key words: production planning, decision process, scheduling.***