



REGRAS DE PRIORIDADE E CRITÉRIOS DE DESEMPENHO ADOTADOS EM PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO EM AMBIENTES *FLOW SHOP*

Me. Márcia de Fátima Morais GEPPGO, DEP-EPA, Fecilcam, marciafmorais@yahoo.com.br
Joice Kelli Menegarde GEPPGO, DEP-EPA, Fecilcam, joicemenegarde@hotmail.com
Patrícia Castoldi Cantiere GEPPGO, DEP-EPA, Fecilcam, patriciacantieri@hotmail.com

1. Introdução

O Planejamento e Controle da Produção (PCP), definido como a função organizacional que tem por objetivo desenvolver os planos que irão orientar a produção, bem como realizar o controle da produção, com base nestes planos, segundo Tubino (2007). O PCP engloba as atividades de Planejamento Agregado, Planejamento Mestre da Produção (PMP), Programação da Produção (PP) e Acompanhamento e Controle da Produção (ACP), de acordo com Mesquita *et all.* in Lustosa *et all.* (2008).

A PP, foco desta pesquisa, ocorre no nível de planejamento de itens individuais, conforme Corrêa; Gianesi; Caon (2001) e com base PMP, tem como objetivo decidir “quais” atividades detalhadas (ordens, instruções de trabalho, ou seja, tarefas), “quando” (momento de início ou prioridade) e com quais recursos (máquinas) devem ser realizadas, para que esse plano seja atendido.

A atividade de PP tem sido bastante pesquisada no mundo todo, porém, em função da diversidade dos sistemas de produção, é difícil encontrar algoritmos quantitativos que sejam apropriados para todas as situações. Portanto, é comum na área de PP estudos visando o desenvolvimento de novos métodos de solução, e neste contexto, as Regras de Prioridade (RP) e os Critérios de Desempenho (CD) são variáveis que devem ser consideradas.

As RP são utilizadas em métodos para a PP e determinam a ordem de execução das tarefas nas máquinas ou centros de produção, ou seja, as RP são as direcionadoras de todo o processo de escolha da seqüência das tarefas nas máquinas. Na literatura especializada Existem muitas RP aplicáveis aos problemas de PP em sistemas *Flow* e um estudo comparativo é importante, pois possibilita identificar qual fornece um melhor resultado para um determinado objetivo de produção.

De forma análoga, os CD são utilizados em métodos de programação da produção para se identificar qual regra de seqüenciamento tem o melhor desempenho para um determinado objetivo da programação. Os CD visam avaliar a qualidade de um programa de produção, ou seja, são medidas utilizadas para avaliar o desempenho da programação.



É possível perceber que a PP é uma função de tomada de decisão, ou seja, é o processo de determinar uma programação. A ciência que tem por objetivo fornecer ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisões é a Pesquisa Operacional (PO), uma das grandes áreas de Engenharia de Produção (EP).

Este artigo integra pesquisas do Grupo de Estudos e Pesquisas em Processos e Gestão de Operações (GEPPGO) do Departamento de Engenharia de Produção (DEP) da FECILCAM, realizadas na área de Pesquisa Operacional, cujo intuito é estudar, desenvolver e aplicar modelos, métodos e técnicas de Pesquisa Operacional para apoiar decisões em sistemas de produção. Assim, inserido neste contexto, este estudo visa identificar, descrever e explicar as RP e os CD adotados em problemas de PP em sistemas de produção *Flow Shop*.

A pesquisa aqui relatada classifica-se, quanto aos fins, como descritiva e explicativa, e quanto aos meios, como bibliográfica. O método de abordagem adotado é o qualitativo, pois visa identificar e descrever as principais RP e os principais CD, com base na literatura especializada, bem como explicitar o relacionamento entre RP e CD adotados em problemas de programação da produção.

Este artigo está estruturado em seis seções. Após a contextualização da PP e dos objetivos da pesquisa, bem como a caracterização metodológica da pesquisa, o referencial teórico, referente ao objeto de pesquisa, a PP e definição do Problema de Programação da Produção (PPP), é apresentado. Na terceira seção as RP são apresentadas e na quarta seção os CD identificados para o desenvolvimento de métodos de solução para PPP em sistemas *Flow Shop* (FS). A quinta seção traz as performances das RP identificadas em relação aos diferentes CD. E na sexta seção, as considerações finais são apresentadas.

2. Problemas de Programação da Produção

A proposta da PP é desagregar o PMP em atividades numa seqüência temporal, ou seja, especificar em termos precisos a carga de trabalho planejada no processo de produção para o curto prazo, segundo Davis; Aquilino; Quase (2001).

Segundo Moreira (2008) a partir do PMP, que determina o que será feito – quais produtos e quanto de cada um deles – inicia-se o Problema de Programação da Produção (PPP), que constitui uma atividade marcadamente operacional.

Uma PP é uma distribuição temporal utilizada para distribuir atividades, utilizando recursos ou alocando instalações. Segundo Mutillem (2005), a PP refere-se à ordenação de tarefas a serem executadas, em uma ou diversas máquinas, considerando-se uma base de



tempo, ou seja, determinando-se principalmente, as datas de início e fim de cada tarefa. Ou seja, a PP pode ser definida como a determinação de quando e onde cada operação necessária para a fabricação de um produto deve ser realizada. As tarefas são conhecidas, determinadas e devem ser executadas. Cada tarefa corresponde a um dado conjunto de operações que tem uma seqüência a ser seguida para a execução completa.

Um PPP segundo Moccellini (2005) pode ser definido como um problema de n tarefas $\{J_1, J_2, \dots, J_j, \dots, J_n\}$ que devem ser processadas em m máquinas $\{M_1, M_2, \dots, M_k, \dots, M_m\}$ que estão disponíveis. O processamento de uma tarefa J_j em uma máquina M_k é denominado operação (op_{kj}) . Existe um tempo de processamento p_{kj} associado a cada operação. Cada tarefa J_j possui uma data de liberação l_j (*release date*), a partir da qual a tarefa pode ser executada, e uma data de entrega d_j (*due date*), referente à data em que a tarefa deve estar concluída. Assim, a programação, corresponde à designação de tarefas nas máquinas, em um determinado período de tempo.

Com base em Davis; Aquilano; Chase (2001), Chase; Jacobs; Aquilano (2006) e Moreira (2008) os objetivos da PP, potencialmente conflitante entre si, encontra-se a seguir relacionados: Atender as datas de entrega dos clientes; Minimizar o tempo de fluxo ou tempo de processamento; Minimizar o estoque em processo; Minimizar o tempo ocioso das máquinas e dos trabalhadores; Minimizar os *lead times*; e Minimizar os tempos e/ou custos de *setup*.

Em relação aos objetivos da PP, Moreira (2008) salienta que reduzir custos operacionais requer que sejam reduzidos os estoques de produtos acabados, de matérias-primas e de material em processo; por sua vez, atingir a produtividade pode exigir um grau de ocupação desses recursos que acabe levando ao aumento dos estoques; e por fim, manter ou melhorar o nível de atendimento ao cliente pode também levar ao aumento de estoques, principalmente se a demanda oscilar muito. Estes objetivos estão associados aos Critérios de Desempenho (CR), utilizados na elaboração de métodos de PP como medida de avaliação da qualidade da programação, em relação a um objetivo predeterminado.

Em PPP, as restrições tecnológicas das tarefas e os objetivos da programação devem ser especificados. Segundo Maccarthy; Liu (1993) as restrições tecnológicas são determinadas principalmente pelo padrão do fluxo das tarefas nas máquinas e de acordo com a classificação dos sistemas de produção por tipo de processo, adotada neste trabalho, os PPP podem ser classificados em: a) Máquina Única: existe apenas uma máquina a ser utilizada em um único estágio de produção; b) Máquinas Paralelas: são disponíveis mais de uma máquina, geralmente idênticas, para as mesmas operações, em um único estágio de produção, onde cada tarefa necessita de apenas uma destas máquinas; c) *Flow Shop*: todas



as tarefas têm o mesmo fluxo de processamento nas máquinas, ou seja, as tarefas possuem o mesmo roteiro de processamento em todas as máquinas e o número de máquinas em cada estágio de produção é igual a um; d) *Job Shop*: cada tarefa tem sua própria ordem de processamento nas máquinas, ou seja, ou uma rota específica de processamento nas máquinas, existindo apenas uma máquina em cada estágio de produção; e) *Flow Shop* Permutacional: trata-se de *flow shop* no qual a ordem de processamento das tarefas deve ser a mesma em todas as máquinas; f) *Flow Shop* com Múltiplas Máquinas: *flow shop* no qual em cada estágio de produção existe um conjunto de máquinas paralelas em pelo menos um estágio de produção, onde cada tarefa exige apenas uma máquina em cada estágio de produção; g) *Job Shop* com Múltiplas Máquinas: *job shop* no qual em cada estágio de produção existe um conjunto de máquinas paralelas em pelo menos um estágio de produção, sendo que cada tarefa é processada em apenas uma máquina em cada estágio de produção; e h) *Open Shop*: não há fluxo definido (específico) para as tarefas serem processadas nas máquinas e cada estágio de produção possui apenas uma máquina.

Em cada um dos sistemas de produção, a PP pode ser realizada buscando atingir uma medida de desempenho diferente, que caracterizam a natureza do PPP. Deste modo, todo o trabalho de seqüenciamento das atividades a serem processadas é definido levando em consideração prioridades dadas às tarefas, de acordo com regras pré-estabelecidas que atendam as necessidades da indústria.

Conforme salienta Mesquita *et all.* in Lustosa *et all.* (2008) uma programação bem feita deve buscar um equilíbrio entre os principais objetivos da programação. Neste contexto, uma regra de prioridade com um bom desempenho para um determinado critério pode melhorar o desempenho geral da programação

3. Regras de Prioridade

Seqüenciamento é o processo de determinação de qual tarefa é iniciada antes em alguma máquina, ou seja, consiste na determinação de quais máquinas ou centros de trabalho serão utilizados para processar uma determinada tarefa, segundo Davis; Aquilano; Chase (2001) e Monks (1987). Para Reid; Sanders (2005) uma máquina ou centro de trabalho precisa de Regras de Prioridade (RP) quando várias tarefas esperam processamento (mas não apenas uma única tarefa precisa de processamento). As RP pressupõem que não existe variabilidade no tempo de preparação das máquinas nem no tempo de execução da tarefa.



Segundo Tubino (2007) as RP são heurísticas usadas para selecionar, a partir de informações sobre as tarefas e/ou as condições do sistema produtivo, qual das tarefas esperando na fila de um grupo de recursos terá prioridade de processamento, bem como qual recurso deste grupo será carregado com esta ordem. De acordo com Davis; Aquilano; Chase (2001) as RP são utilizadas para se obter uma seqüência para o processamento das tarefas. As RP fornecem orientações para o seqüenciamento das tarefas nas máquinas, seguindo algumas informações sobre as tarefas, tais como o tempo de processamento, a data de entrega ou a ordem de chegada.

As RP podem ser classificadas sob várias óticas.

Segundo Reid; Sanders (2005) as RP são geralmente classificadas como locais ou globais, conforme segue: a) RP local – estabelece as prioridades com base apenas nas tarefas que estão esperando naquele centro de trabalho específico. PEPS e SPT são exemplos de RP locais; e b) RP global – definem as RP de acordo com fatores como a carga de trabalho programada nas demais estações de trabalho pelas quais a tarefa deve ser processada. Razão crítica e folga são exemplos de RP globais.

Já Tubino (2007) além de classificar as RP em locais e globais, também as classificam em regras estáticas e dinâmicas, conforme segue: a) RP estáticas – são regras que alteram as prioridades quando ocorrem mudanças no sistema produtivo; e b) RP dinâmicas – são regras que acompanham as mudanças e alteram as prioridades, em função das mudanças verificadas.

Ainda na concepção de Tubino (2007), associada à complexidade das RP, estas podem ser também classificadas em simples, combinadas, com índices ponderados e heurísticas sofisticadas, conforme explicitado a seguir: a) RP simples – baseiam-se em uma característica específica do trabalho a ser executado, como data de entrega, tempo de processamento, entre outras; b) RP combinadas – consiste na aplicação de diferentes RP simples, conforme o conjunto de tarefas que se pretende seqüenciar em um determinado momento; c) RP com índices ponderados – adotam pesos para diferentes regras simples, formando um índice composto que define as prioridades; e d) Heurísticas sofisticadas – determinam as RP incorporando informações não associadas ao trabalho específico.

De acordo com Zaccarelli (1987) os modos alternativos para seqüenciar as tarefas nas diversas máquinas crescem com o número médio de operações por tarefa, com o número de máquinas de com o número de tarefas a serem executadas. É freqüente ter-se na prática várias centenas de modos alternativos para seqüenciar as tarefas. Segundo Zaccarelli (1987) cada uma das seqüências possíveis implica em diferenças em: nas datas



de término; no tempo ocioso; no custo de preparação; e no investimento em materiais em processamento.

Muitas regras podem ser adotadas para se determinar as prioridades no processamento de tarefas em uma máquina ou centro de trabalho. As RP mais comumente encontradas na literatura pesquisada, segundo Monks (1987), Gaither; Frazier (2002), Tubino (2007) e Mesquita *et all.* in Lustosa *et all.* (2008) são a seguir relacionadas e descritas.

- **PEPS/FIFO (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair/First In, First Out)** – Nesta regra a tarefa seguinte a ser processada é aquela que chegou primeiro entre as tarefas que estão à espera. Obtém-se uma variante desta regra, considerando-se a ordem de chegada na fábrica, não na máquina. Prioridades são dadas às tarefas que chegaram antes. Esta regra visa minimizar a variância do tempo de permanência na máquina, ou na fábrica.

- **MTP/SPT (Menor Tempo de Processamento/Shortest Processing Time)** – De acordo com esta regra, a tarefa seguinte a ser processada é aquela com o menor tempo de processamento entre as tarefas à espera, ou seja, as tarefas são seqüenciadas em ordem crescente de tempo de processamento na máquina. Prioridades são dadas às tarefas de menor tempo, propiciando uma redução das filas e aumento do fluxo.

- **MDE/EDD (Menor Data de Entrega/Earliest Due Date)** - A tarefa seguinte a ser processada é aquela com a data de vencimento mais urgente (a data de entrega prometida ao cliente) entre as tarefas à espera, ou seja, as tarefas são seqüenciadas em ordem crescente de prazo de entrega prometido. Esta regra prioriza as ordens mais urgentes, visando reduzir atrasos.

- **IFA (Índice de Falta)** – Nesta regra, as tarefas são processadas de acordo com o menor valor disponível do item em estoque, ou seja, quantidade em estoque menos a taxa de demanda.

- **IFO (Índice de Folga)** – A tarefa seguinte a ser processada é aquela com o menor índice de folga, de acordo com esta regra. O índice de folga é obtido pela diferença entre a data de entrega da tarefa e o somatório do tempo de processamento das operações restantes, dividido pelo número de operações restantes.

- **IPI (Índice de Prioridade)** – As tarefas são processadas de acordo com o valor da prioridade atribuída ao cliente ou produto/tarefa.

- **MF/LS (Menor Folga/Least Slack)** – A tarefa seguinte a ser processada é aquela com a menor folga (data prometida menos o tempo total de processamento) entre as tarefas à espera. Esta regra prioriza as tarefas mais urgentes, visando reduzir atrasos.



- **MFD (Menor Folga Dinâmica)** – Na regra MFD, a tarefa seguinte a ser processada, é a de menor folga (diferença entre a data prometida de entrega e o tempo total restante de processamento). Esta regra prioriza as tarefas mais urgentes, visando reduzir atrasos, todavia é um pouco mais complicada de aplicar que a MF/LS por se tratar de uma regra dinâmica.

- **MFA (Menor Fila Adiante)** – De acordo com esta regra, a próxima tarefa a ser processada é aquela com destino à máquina ou estação de trabalho com menor fila no momento. Esta regra objetiva evitar a parada de um processo subsequente.

- **RC/CR (Razão Crítica/Critical Ratio)** – Segundo esta regra, a tarefa seguinte a ser processada é aquela com a menor razão crítica (tempo até a data de vencimento dividido pelo tempo total de produção restante) entre as tarefas à espera. Se a razão crítica for negativa, ou seja, alguma tarefa estiver atrasada, a tarefa atrasada de menor tempo de processamento deve ser a seguinte a ser executada. Esta é uma regra dinâmica que procura combinar a MDE/EDD, com a MTP/SPT, que considera apenas o tempo de processamento.

- **MCP (Menor Custo de Preparação)** - Uma vez que as tarefas seguem logicamente umas às outras devido à facilidade de preparação, a seqüência das tarefas à espera é determinada, de acordo com a regra MCP, analisando-se o custo total de realização de todas as preparações de máquina entre as tarefas. O procedimento desta regra é simples, escolhendo-se a primeira e a segunda tarefa na seqüência localizando o mais baixo custo de preparação dentre todas as preparações possíveis, e da segunda tarefa em diante, a tarefa seguinte é sempre determinada escolhendo-se o menor custo de preparação dentre as tarefas possíveis.

- **Regra de Johnson** - Também destacada na literatura especializada, esta regra fornece um tempo mínimo de processamento para seqüenciamento de n tarefas em dois máquinas ou centros de trabalho em que a mesma seqüência de processamento deve ser seguida para todas as tarefas, em ambos os centros de trabalho. De acordo com esta regra, as tarefas com tempos de processamento mais curtos são colocadas logo, se o tempo de processamento estiver na primeira máquina, e colocadas depois, se o tempo de processamento estiver na segunda máquina. Esse procedimento maximiza o tempo de operação simultâneo de ambos os centros de trabalho.



4. Critérios de Desempenho

Para se saber qual regra de seqüenciamento tem o melhor desempenho para um determinado objetivo da programação, diversos critérios ou medidas, denominados critérios de Desempenho (CD) são utilizados. Os CD, segundo Assinales *et all.* (2007) e DAVIS, AQUILANO e CHASE, (2001) objetivam avaliar a qualidade de um programa de produção, ou seja, são medidas utilizadas para avaliar o desempenho da programação.

Os CD mais comumente utilizados para avaliar os programas de produção, com base em Gaither; Frazier (2002), Reid; Sanders (2005) e Arenales *et all.* (2007) encontram-se a seguir relacionados e descritos.

Makespan - O *makespan* é o instante de término de processamento de todas as tarefas a serem processadas e é uma medida de utilização do sistema de produção, segundo. O makespan (tempo despendido na execução de um conjunto de tarefas) mede a eficiência operacional informando o tempo necessário para se executar um conjunto de n tarefas

Tempo de Fluxo – O tempo de fluxo da tarefa mede o tempo de resposta, ou seja, o tempo que uma tarefa gasta na instalação, desde o momento em que está pronta para ser executada até que esteja concluída. Correspondendo, então, ao tempo que uma tarefa permanece na máquina ou centro de trabalho. Variações do CD tempo de fluxo são o tempo total de fluxo e o tempo médio de fluxo.

Tempo Total de Fluxo - O tempo total de fluxo é a soma dos instantes de término de processamento das tarefas, que mede o estoque em processamento.

Tempo Médio de Fluxo – Corresponde às médias dos tempos de fluxos de um conjunto de tarefas a serem processadas. É obtido por:

Número Médio de Tarefas no Sistema – Mede o estoque de produtos em processo e também afeta o tempo de resposta. Quanto maior for o número de tarefas do sistema, mais longas serão as filas e, portanto, maiores serão os tempos de fluxo das tarefas. Se a resposta rápida ao cliente for essencial para a empresa, o número de tarefas que estarão à espera no sistema deve ser relativamente baixo.

Atraso da Tarefa - É uma medida de atendimento ao cliente e consiste na diferença entre o momento em que a tarefa é terminada e aquele em que ela supostamente seria concluída no prazo. Quando uma tarefa é concluída antes do programado, ela tem um atraso negativo (adiantamento). Variações do CD atraso da tarefa são o atraso médio da tarefa e o atraso total.



Atraso Médio das Tarefas - É a quantidade média de tempo que a data de conclusão das tarefas atrasadas ultrapassa sua data de entrega prometida. Segundo tarefas que terminam atrasadas devem ser penalizadas, enquanto tarefas que terminam antes da data de entrega podem incorrer em custo de estoque.

Atraso Total - O tempo total de fluxo é a soma dos atrasos das tarefas de um conjunto de n tarefas a serem processadas. É obtido por:

Custo da Preparação - é o custo total para fazer todas as preparações de máquina para o processamento de um conjunto de n tarefas.

De acordo com Arenales *et al.* (2007) de um modo geral, os DC são conflitantes e a otimização de mais de um critério deve levar em consideração o *trade-off* caracterizado pela otimização com múltiplos objetivos, em que a melhoria segundo um critério causa uma deterioração em outro critério.

5. Performances das Regras de Prioridades em Relação aos Diferentes Critérios de Desempenho

Diferentes Regras de Prioridade (RP) relacionam com diferentes Critérios de Desempenho (CD), dependendo dos objetivos competitivos das empresas.

De acordo com Tubino (2007) estudos comprovam que a eficiência de uma RP dependerá da variedade das tarefas, dos tamanhos dos conjuntos de tarefas a serem processadas e da participação relativa de cada tipo de tarefa, o que faz com que uma boa regra em uma situação não seja boa em outra. Não existem RP que sejam eficientes em todas as situações. Complementam Gaither; Frazier (2002) que não há soluções analíticas fáceis quando há necessidade de seqüenciar muitas tarefas através de muitas máquinas ou centros de trabalhos.

A RP Primeiro a Entrar Primeiro a Sair (PEPS) é a mais simples, porém apresenta-se pouco eficiente. É muito empregada em sistemas de serviços onde o cliente esteja presente, de acordo com Tubino (2007). Esta regra faz com tarefas com tempos de processamento longo retardem toda a seqüência de produção, gerando tempo ocioso nos processos à frente, fazendo com o tempo médio de espera seja elevado. Segundo Gaither; Frazier (2002) RP PEPS não se comporta especialmente bem na maioria dos CD comumente usados para avaliar o desempenho da programação. De acordo com Reid; Sanders (2005) esta regra é considerada uma regra justa porque todas as tarefas são tratadas igualmente.

Segundo Gaither; Frazier (2002) a regra Menor Tempo de Processamento (MTP) não se comporta bem na maioria dos CD. Ela é ótima no tempo médio de fluxo e tende a



comporta-se bem no número médio de tarefas no sistema. Mas pode não se comportar tão bem quanto a razão crítica no atraso médio de tarefas. Uma deficiência da regra MTP é que as tarefas de longa duração são continuamente empurradas de volta no programa. A regra, portanto, deve ser deixada de lado periodicamente, a fim de que tarefas de longa duração possam ser movidas para frente e trabalhadas. De acordo com Tubino (2007) a regra MTP obtém um índice de *lead time* médio baixo, reduzindo os estoques em processo, agilizando o carregamento das máquinas à frente e melhorando o nível de atendimento ao cliente. Como ponto negativo, a regra MTP faz com que ordens com tempos longos de processamento sejam sempre preteridas, principalmente se for grande a dinâmica de chegada de novas ordens com tempos menores. Uma solução para este caso seria associarmos uma regra complementar que possibilitasse a uma ordem que fosse preterida um determinado número de vezes, ou após um determinado tempo de espera, avançar para o topo da lista. De acordo com Reid; Sanders (2005) o MTP/SPT sempre minimiza o tempo médio de fluxo das tarefas, o atraso médio das tarefas e o número médio de tarefas no sistema.

A RP Menor Data de Entrega (MDE), de acordo com Tubino (2007) com prioriza as datas de entrega das tarefas, faz com que os atrasos se reduzam, o que é conveniente em processos que trabalham sob encomenda. Porém, como não leva em consideração o tempo de processamento, pode fazer com que tarefas com potencial de conclusão rápido fiquem aguardando.

De acordo com Tubino (2007) geralmente, uma RP como as MTP e MDE podem ser facilmente aplicadas. As seqüências de tarefas são modificadas para que se possam aproveitar as economias existentes nas preparações. Se algumas tarefas estiverem especialmente atrasadas, talvez se tenha de abrir mão das economias das preparações a fim de que se possam cumprir os compromissos de data de vencimento dos clientes.

Em relação à RP Razão Crítica (RC), Gaither; Frazier (2002) afirmam que esta regra se comporta bem somente no critério de atraso médio da tarefa. O índice médio é intrinsecamente atraente quando queremos trabalhar primeiro nas tarefas com maior probabilidade de serem necessárias antes que possam ser finalizadas.

As regras CR e IFO são baseadas no conceito de folga entre a data de entrega das tarefas e o tempo de processamento, sendo que a regra IFO considera não só a operação imediata, como todas as demais à frente. Estas duas regras privilegiam o atendimento ao cliente.

Ainda na concepção de Tubino (2007) a regra IFA, relacionando os estoques atuais com a demanda, busca evitar que os estoques se esgotem, causando prejuízo ao fluxo,



sendo mais empregada para os itens intermediários que compõem os produtos acabados. A regra IPI, baseada em atribuímos um índice de prioridade a cada ordem, não apresenta vantagens em priorizar as datas de entrega. Em testes, apresentados por Tubino (2007) esta regra fornece o pior desempenho em relação ao atraso e o tempo de espera médio, sendo mais conveniente empregá-la como critério de desempate para outra regra.

A regra MCP pode não ser ótima, mas ela geralmente se comporta bem na prática, de acordo com Gaither; Frazier (2002).

A regra de Johnson permite reduções de *lead time* e um baixo tempo de espera para processamento na segunda máquina, garantido pela sua heurística de seqüenciar tempos rápidos de início para o primeiro recurso e tempos rápidos de conclusão para o segundo. Todavia, as restrições desta regra são muito fortes, fazendo com que ela seja de aplicação limitada, de acordo com Tubino (2007).

6. Considerações Finais

Os resultados deste estudo mostraram as Regras de Prioridades (RP) são as direcionadoras de todo o processo de escolha da seqüência das tarefas nas máquinas e os Critérios de Desempenho (CD) avaliam a performance de uma programação em função de um objetivo específico. Existem muitas RP e um estudo comparativo entre elas permite identificar qual fornece um melhor resultado para o objetivo desejado.

Na literatura investigada verificou-se que as RP mais comumente utilizadas em métodos de solução para Problemas de Programação da Produção (PPP) em ambientes *Flow Shop* (FS) são: Primeiro a Entrar Primeiro a Sair (PEPS), Menor Tempo de Processamento (MTP), Menor Data de Entrega (MDE), Índice de Falta (IFA), Índice de Prioridade (IPI), Índice de Folga (IFO), Menor Folga (MF), Menor Folga Dinâmica (MFD), Maior Fila Adiante (MFA), Razão Crítica (RC), Menor Custo de Preparação (MCP) e Regra de Johnson. As principais medidas de desempenho para avaliar a qualidade da programação, são: *Makespan*, Tempo de Fluxo, Número de Tarefas no Sistema, Atraso das Tarefas e Custo de Preparação.

Para identificação das RP e dos CD utilizados em métodos de Programação da Produção (PP), foram pesquisados somente livros, das áreas de Administração da Produção e Operações e Gestão de Operações, publicados em português no Brasil. Assim, fica claro que ainda existe a necessidade de se realizar uma pesquisa em artigos científicos que propõem novos métodos de solução para PPP em ambientes FS, de modo que sejam



identificadas novas RP e combinações da RP aqui apresentadas, bem como os diferentes CD adotados nestes métodos.

7. Referências

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção para a Vantagem Competitiva**. 10. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento Programação e Controle da Produção**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos de Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Bookman. Porto Alegre, 2001.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2002.

MACCARTHY, B. L.; LIU, J. Y. Addressing the gap in scheduling research: a review of optimization and heuristic methods in production scheduling. **International Journal of Production Research**, London, v. 31, n. 1, p. 59-79, 1993.

MESQUITA, M.; COSTA, H. G.; LUSTOSA, L.; SILVA, A. S. Programação detalhada da produção. In: LUSTOSA, L. J.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MOCCELLIN, J. V. **Técnicas de Seqüenciamento e Programação de Operações em Máquinas**. 74p. Publicação Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

MOREIRA, D.A. **Administração da Produção e Operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

REID, R. D.; SANDERS, N. R. **Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas. 2007.

ZACARELLI, S. B. *Programação e Controle da Produção*. 8 ed. São Paulo: Pioneira, 1987.