



PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO EM FLOW SHOP PERMUTACIONAL COM RESTRITÕES ADICIONAIS E CRITÉRIO DE MAKESPAN

TSUJIGUCHI, Lucas T. A. IC, Fecilcam, Fundação Araucária, Engenharia de Produção Agroindustrial, Fecilcam, tsujiguchi@hotmail.com
BOIKO, Thays J. P. (OR), Fecilcam, thaysperassoli@bol.com.br
MORAIS, Márcia de F. (CO-OR), Fecilcam, marciafmorais@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Está pesquisa participou do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da FECILCAM (PIBIC-FECILCAM) 2009-2010, financiada pela Fundação Araucária, sendo integrante do Grupo de Estudos e Pesquisa em Processo e Gestão de Operações (GEPPGO), Linha de Pesquisa em Pesquisa Operacional, do Departamento de Engenharia de Produção (DEP), da FECILCAM.

O objeto de estudo da pesquisa foi a Programação da Produção em Sistemas de Produção *Flow Shop* Permutacional com restrições adicionais e critério de desempenho de *Makespan*. O foco inicial da pesquisa foi analisar os métodos existentes para a solução deste problema, sendo destacados os métodos heurísticos que trazem soluções próximas da solução ótima em tempo de solução aceitável e também os métodos de solução ótima, assim com o termino da pesquisa pode-se perceber que só se trabalha com métodos heurísticos, devido não se encontrar nenhum trabalho que aborde um método com solução ótima, o presente artigo está focado nas análises do delineamento da experimentação computacional.

O artigo segue estruturado da seguinte maneira: uma contextualização do assunto que se aborda, o referencial teórico da pesquisa, seguido da metodologia que se utiliza, os resultados e discussões da pesquisa, e se finaliza o artigo com as considerações finais e as referencias.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) pode ser definido, conforme Boiko (2008), como a atividade que tem por funções determinar “o que” vai ser produzido, “em qual quantidade” vai ser produzido, “como” e “onde” vai ser produzido, “quem” vai produzir e “quando” vai ser produzido.

A Programação da Produção (PP) uma das atividades desempenhas pelo ocorre no nível de planejamento de itens individuais. Conforme Corrêa; Gianesi; Caon (2001), a PP



consiste em decidir, com base no PMP, “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.

De forma geral, um Problema de Programação da Produção (PPP), pode ser definido, conforme Taillard (1993), 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. Neste contexto, segundo MacCarthy; Liu (1993), a PP, corresponde a uma designação de tarefas, através do tempo, às máquinas.

Especifica-se um Problema de PP em termos de sua classificação, dos critérios de desempenho adotados (MACCARTHY; LIU, 1993) e das hipóteses do problema (BOIKO; MORAIS, 2009).

Classificam-se os Problemas de PP, segundo com Boiko; Morais, (2009), de acordo com os sistemas de produção, por tipo de posicionamento do processo de produção, onde ocorrem em: Máquina Única; Máquinas Paralelas; *Job Shop*; *Job Shop* com máquinas múltiplas; *Flow Shop*; *Flow Shop* Permutacional; *Flow Shop* Híbrido; *No-Wait Flow Shop*; *Open Shop*; e Por Projeto. O sistema de produção *Flow Shop* Permutacional é considerado nesta pesquisa.

Em cada um dos sistemas de produção, a PP pode ser realizada buscando atingir um critério de desempenho diferente, que caracterizam a natureza do PPP. Os seguintes critérios de desempenho são listados por MacCarthy; Liu (1993): Tempo de Espera; Tempo Total de Espera; *Completion Time* Máximo, denominado *Makespan*; *Flow Time*; *Lateness*; e o *Tardiness*. Nesta pesquisa o critério de desempenho *Makespan* foi adotado, devido ao fato deste ser um critério relacionado à redução do tempo ocioso dos recursos.

As hipóteses do PPP podem de acordo com Gupta e Stafford Jr. (2006), ser divididas em hipóteses sobre tarefas, sobre máquinas e sobre políticas de operações. As hipóteses dizem respeito à dinâmica de funcionamento do sistema de produção e as restrições envolvidas.

Para resolver os PPP existem muitos métodos de solução, esses métodos podem ser divididos em: métodos de solução ótima; métodos de solução heurísticos. O foco da pesquisa era trabalhar com os métodos de solução heurísticos, que se dividem em construtivos e melhorativos.



METODOLOGIA

Classifica-se a pesquisa quanto aos fins, como descritiva e explicativa, e, quantos aos meios, como bibliográfica. O método de abordagem que se utilizou na pesquisa foi o qualitativo e quantitativo.

O levantamento e estudo da teoria de base e a revisão de literatura foi realizado por meio da pesquisa bibliográfica.

A teoria base foi levantada em livros, revistas, periódicos e anais de eventos cujos temas diziam respeito à: Engenharia de Operações e Processos da Produção; Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP); Programação da Produção (PP); Pesquisa Operacional; Sistemas de Produção; Problema de PP (PPP); características estruturais gerais do PPP. A revisão de literatura foi realizada em nível nacional e internacional. O referencial teórico conceitual do Grupo de Estudos e Pesquisas em Processos e Gestão de Operações (GEPPGO), Linha de Pesquisa em Pesquisa Operacional, norteou parte da pesquisa.

Não se estabeleceu uma limitação temporal para a revisão de literatura, que foi realizada em função dos trabalhos que apresentam métodos para a solução do problema de Programação da Produção em *Flow Shop* Permutacional com restrições adicionais e critério de *Makespan*. Como foram encontrados poucos trabalhos no ambiente de produção FSP, admitiu-se todos os trabalhos que tratassem no ambiente de produção *Flow Shop* geral.

Os métodos encontrados na literatura foram analisados em função: do tipo de *Flow Shop* que se trabalha; das restrições adicionais consideradas; do método de solução proposto; do delineamento da experimentação computacional realizada para analisar o método; das classes de problema, quanto a dificuldade de resolução; e do desempenho do método. O foco deste artigo está nas análises do delineamento da experimentação computacional.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE DOS ARTIGOS

Buzzo e Moccellini (2000) cunharam o método heurístico híbrido *Genético-Simulated Annealing* para minimizar o *Makespan* de um sistema *Flow Shop* Permutacional (FSP). Em comparação com os métodos puros AG e SA, o híbrido agregou suas vantagens, atendendo assim as expectativas de desempenho.

Muller, Limberger (2000) propõem o método heurístico KPROC para a solução de um PPP em ambiente de produção *Flow Shop* (FS) com o objetivo de minimização do



makespan, tal demonstrou ser um algoritmo robusto em comparação com os outros métodos testados e com o limitante inferior, seu desempenho foi considerado bom devido obter soluções bastante próximas da ótima à custa de um esforço computacional razoável.

Nagano, Moccellin (2002) tratam de um PPP em *Flow Shop* Híbrido (FSH) com o objetivo de minimização do *Makespan*, assim apresenta-se dois métodos heurísticos denominados Algoritmo 1 e Algoritmo 2 para solução desse PPP em FSH, deste modo após os resultados experimentais pode-se observar que o Algoritmo 2 é superior ao Algoritmo 1.

Barros e Moccellin (2004) desenvolveram o método heurístico *Simulated Annealing* (SA), para FSP com *setups* assimétricos e dependentes da seqüência. Concluiu-se que o SA é recomendado somente para problemas de pequeno porte se comparado com o algoritmo Total.

Branco (2006) construiu o método heurístico construtivo BN2-BN para o problema de *No-Wait Flow Shop* (NWFS). Chegou-se ao resultado de que o desempenho da heurística BN2-BN apresentou melhor desempenho que o método de Rajendran (1994).

Branco; Nagano e Moccellin (2006) propuseram a heurística BN em sistemas de produção NWFS para minimização do *Makespan*. Constatou-se que comparando com os métodos de Rajendran (1994) e Nawas et al. (1983) o método BN apresentou resultados superiores.

Leite e Arroyo (2006) desenvolveram uma heurística híbrida denominada G-BT para problemas de escalonamento de tarefas em sistemas FSP objetivando minimizar o *Makespan*. Concluiu-se que a heurística é simples de implementar e competitiva se comparada com o método MOGLS.

Scardoelli, Nagano, Moccellin (2006) abordam a solução de um PPP no ambiente de produção NWFS visando a redução de estoque em andamento, assim o autor desenvolve dois métodos heurísticos de fase única (SN-1 e SN-2), que demonstraram, através da experimentação computacional, serem superiores ao melhor método heurístico compostos de três fases PH1(p).

Moccellin, Nagano (2007) trabalha-se com o PPP em FSP com tempos de *setup* separados dos tempos de processamento de tarefas e o critério de desempenho abordado foi o *makespan*, tal PPP abrange a dificuldade de solução NP-hard, Uma aplicação da referida propriedade foi proposta a partir de uma analogia do problema de programação da produção com um problema cíclico assimétrico do caixeiro-viajante.

Nagano, Branco, Moccellin (2007) apresentam um novo método heurístico construtivo denominado NBM-FS, que é direcionado para a solução de PPP em FSP visando a minimização do *makespan* assim os resultados da experimentação computacional



são comparados com os métodos NEH e NEHKK, assim comprova-se a alta qualidade das soluções do método proposto.

Boiko (2008) e Boiko, Moccellin (2010) trabalham com o problema de programação da produção em FSP, onde os tempos de setup são separados dos tempos de processamento e independentes da sequência de execução da tarefa, desta forma são elaborados dois métodos de solução heurísticos para tal problema, que apresentam melhor desempenho do que dois métodos expostos anteriormente na literatura.

ANÁLISE DO DELINEAMENTO DA EXPERIMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DO MÉTODO

Para analisar o delineamento da experimentação computacional dos métodos identificados na revisão de literatura, foram consideradas as seguintes variáveis: intervalos de distribuição dos tempos de processamento e tempos de setup considerados; definição da amostragem; obtenção dos dados; processo de análise de desempenho dos métodos; e software utilizado.

INTERVALOS DE DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS CONSIDERADOS

INTERVALO DE DISTRIBUIÇÃO DOS TEMPOS CONSIDERADOS		
Trabalho	Processamento	Setup
Buzzo, Moccellin (2000)	[1, 100]	nd
Muller, Limberger (2000)	[1,100], [1,1000] e [1,10000]	nd
Nagano, Moccellin (2002)	[1,10]	nd
Barros, Moccellin (2004)	[10, 200]	A relação e a distribuição dos tempos de <i>setup</i> e processamento foram adotadas em função de serem consideradas ideais ao algoritmo <i>Total</i> (Simons Jr., 1992)
Branco (2006)	[1, 99]	nd
Branco, Nagano, Moccellin (2006)	[1, 99]	nd
Leite, Arroyo (2006)	nd	nd
Scardoelli, Nagano, Moccellin (2006)	[1,99]	nd
Moccellin, Nagano (2007)	nd	nd
Nagano, Branco, Moccellin (2007)	[1, 99]	nd
Boiko (2008)	[1, 99]	[1, 49], [1, 99], [51, 149] e [101, 199].
Boiko, Moccellin (2010)	[1, 99]	[1, 49], [1, 99], [51, 149] e [101, 199].

Quadro 1: Intervalo de tempo considerado



A partir do Quadro 1 percebe-se que a maioria dos trabalhos estipulam o tempo de processamento em [1-99] e que apenas os trabalhos de Boiko (2008) e Boiko, Moccellini (2010) apresentam intervalo de distribuição de tempos de *setup*. Os demais trabalhos que consideram o tempo de *setup* como restrição, não apresentam os intervalos de distribuição por se tratarem de estudos de caso que tem lote de produção variável.

DEFINIÇÃO DE AMOSTRAGEM

DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM		
Trabalho	Quantidade de problemas	Classes de problemas
Buzzo, Moccellini (2000)	540	$n = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 \text{ e } 100\}$ $m = \{4, 7, 10\}$
Muller, Limberger (2000)	nd	$n = \{10, 50, 100, 500, 1000\}$; $m = \{2, 3, 7, 10, 15, 20\}$
Nagano, Moccellini (2002)	nd	nd
Barros, Moccellini (2004)	20	$n = \{5, 10, 15\}$; $m = \{5, 10, 15\}$
Branco (2006)	i) 2400 ii) 2800 iii) 2000	i) $n = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ ii) $n = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ iii) $n = \{90, 100, 110, 120, 130\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$
Branco, Nagano, Moccellini (2006)	i) 2400 ii) 2800 iii) 2000	i) $n = \{5, 6, 7, 8, 9, 10\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ ii) $n = \{20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ iii) $n = \{90, 100, 110, 120, 130\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$
Leite, Arroyo (2006)	i) 10 ii) 240	i) $n = \{22, 24, 25, 28 \text{ e } 30\}$; $m = \{5\}$ ii) $n = \{20, 50 \text{ e } 80\}$; $m = \{10, 20\}$
Scardoelli, Nagano, Moccellini (2006)	i) 2000 ii) 3200 iii) 2000	i) $n = \{5, 6, 7, 8, 9\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ ii) $n = \{10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$ iii) $n = \{90, 100, 110, 120, 130\}$; $m = \{5, 10, 15, 20\}$
Moccellini, Nagano (2007)	nd	nd
Nagano, Branco, Moccellini (2007)	nd	nd
Boiko (2008)	i) 180	i) $n = \{4, 6, 7\}$; $m = \{5, 10, 15, 20, 25, 30\}$



	ii) 360	ii) $n = \{10, 20, 30, 40, 50, 60\}$; $m = \{5, 10, 15, 20, 25, 30\}$
Boiko, Moccellin (2010)	i) 180 ii) 360	i) $n = \{4, 6, 7\}$; $m = \{5, 10, 15, 20, 25, 30\}$ ii) $n = \{10, 20, 30, 40, 50, 60\}$; $m = \{5, 10, 15, 20, 25, 30\}$

Quadro 2: Definição da amostragem

A partir do Quadro 2 observa-se que 25% dos trabalhos encontrados utilizam as 3 classes de problemas na experimentação computacional do método proposto, outros 25% dos trabalhos utilizam apenas 2 classes de problemas na experimentação computacional e o restante dos trabalhos não especificam a classe de problema.

OBTENÇÃO DOS DADOS

Trabalho	Obtenção de dados
Buzzo, Moccellin (2000)	Aleatórios
Muller, Limberger (2000)	Reais
Nagano, Moccellin (2002)	nd
Barros, Moccellin (2004)	Aleatórios
Branco (2006)	Aleatórios
Branco, Nagano, Moccellin (2006)	Aleatórios
Leite, Arroyo (2006)	Reais e Aleatórios
Scardoelli, Nagano, Moccellin (2006)	Aleatório
Moccellin, Nagano (2007)	nd
Nagano, Branco, Moccellin (2007)	nd
Boiko (2008)	Aleatórios
Boiko, Moccellin (2010)	Aleatórios

Quadro 3: Geração dos dados

Em 58,33% dos trabalhos encontrados os dados foram obtidos através de distribuição aleatória e 16,67% dos trabalhos são dados reais e o restante dos trabalhos não especificaram como foram obtidos os dados.

PROCESSO DE ANÁLISE DO DESEMPENHO DO MÉTODO

Trabalho	Estatísticas Usadas Para Avaliação do método	Desempenho
Buzzo, Moccellin (2000)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O método híbrido HBGASA atingiu os objetivos de minimização do makespan em ambiente FSP, porem pode melhorar conforme



		cita o autor do método.
Muller, Limberger (2000)	nd	O algoritmo KPROC demonstrou bom desempenho, ser robusto e soluções bastante próximas da ótima
Nagano, Moccellin (2002)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O algoritmo 2 é superior ao algoritmo1.
Barros, Moccellin (2004)	Número de vitórias ou outperforms com o critério <i>makespan</i> ; Melhoria Relativa Percentual Média; Tempo Médio de Computação.	O método BGaFSA mostra bom desempenho somente para problemas de pequeno porte, comparado ao método <i>Total</i> (Simons Jr. 1992)
Branco (2006)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O método BN2-BN de duas fases é melhor que o método Ranjendran (1994)
Branco, Nagano, Moccellin (2006)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O novo método BN é considerado superior aos métodos Rajendran (1994) e de Nawaz et al. (1983) adaptados ao problema de No-Wait.
Leite, Arroyo (2006)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O método GRASP é simples de implementar e é bastante competitiva quando comparado com o método MOGLS (Arroyo e Armentano, 2005).
Scardoelli, Nagano, Moccellin (2006)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	Os métodos heurísticos de fase única (SN-1 e SN-2), que demonstraram ser superiores ao melhor método heurístico (PH1 _p) compostos de três fases.
Moccellin, Nagano (2007)	nd	nd
Nagano, Branco, Moccellin (2007)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	O método NBM-FS apresentou um desempenho superior comparado com os melhores métodos (NEH e NEHKK)
Boiko (2008)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	Tanto o método heurístico BM _c , quanto o BM _m , se mostraram superiores aos métodos comparados (CB e RZ ₃) e o tempo médio de computação dos métodos propostos foram menores
Boiko, Moccellin (2010)	Porcentagem de Sucesso; Desvio Médio Relativo; Tempo Médio de Computação.	Tanto o método heurístico BM _c , quanto o BM _m , se mostraram superiores aos métodos comparados (CB



		e RZ ₃) e o tempo médio de computação dos métodos propostos foram menores
--	--	---

Quadro 4: Critérios de avaliação do software

A partir do Quadro 4 pode-se observar que a maioria dos trabalhos se preocuparam com a Porcentagem de Sucesso, Desvio Médio Relativo e o Tempo Médio de Computação.

Em relação ao desempenho dos métodos desenvolvidos, de uma forma ou de outra todos os métodos encontrados apresentaram aspectos positivos quando comparados a outros métodos, além disso esses novos métodos são importantes por abrirem novas opções de solução de problemas em programação da produção.

ANÁLISE DO SOFTWARE UTILIZADO

Trabalho	Software
Buzzo, Moccellin (2000)	nd
Muller, Limberger (2000)	nd
Nagano, Moccellin (2002)	Delphi
Barros, Moccellin (2004)	Delphi 6
Branco (2006)	nd
Branco, Nagano, Moccellin (2006)	Delphi
Leite, Arroyo (2006)	Linguagem C++
Scardoelli, Nagano, Moccellin (2006)	Delphi
Moccellin, Nagano (2007)	nd
Nagano, Branco, Moccellin (2007)	Delphi
Boiko (2008)	Delphi 6
Boiko, Moccellin (2010)	Delphi 6

Quadro 5: Software Utilizados

Pode-se observar com base no quadro 5 que a maioria dos métodos foram elaborados em linguagem Delphi, sendo poucos outros softwares utilizados para elaboração de novos métodos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de Programação da Produção (PP) é um assunto de muita importância, porém existem poucos trabalhos na literatura portuguesa publicada no Brasil, que trabalham com este assunto, e pode-se perceber também que existem poucos trabalhos que



consideram restrições adicionais que um Problema de PP pode sujeitar-se. Deste modo, o Grupo de Estudos e Pesquisa em Processos e Gestão de Operações (GEPPGO), explorou essa falta de trabalhos em uma pesquisa cujo objeto de estudo foi a análise de conteúdo de livros.

Existe uma grande divergência entre definições e conceitos utilizados por diversos autores da área no que diz respeito a atividades do Planejamento, Programação e Controle da Produção, com destaque as atividades de PP.

Vários métodos encontrados na literatura utilizam o problema de Taillard como base para os valores dos tempos de processamento, a maioria dos métodos são elaborados em linguagem Dephi, os dados dos problemas sugeridos são na maioria das vezes obtidos por distribuição aleatória computacional e o desempenho dos métodos desenvolvidos, de uma forma ou de outra apresentaram aspectos positivos quando comparados a outros métodos, além disso esses novos métodos são importantes por abrirem novas opções de solução aos problemas de programação da produção.

Com o termino deste trabalho pode-se perceber que existe grande necessidade da elaboração de trabalhos direcionados a PP, e não foram encontrados trabalhos com o mesmo objetivo que este, assim tal pesquisa se torna muito importante. Poucos métodos existem para solução de Problemas de PP com restrições adicionais, assim para dar continuidade ao trabalho da GEPPGO, novos métodos de solução de Problemas de PP serão elaborados, como próxima etapa de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. 2008. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&s=1&c=362>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2010 às 13 hs 15.

ABEPRO. **Engenharia de Produção: Grande área e diretrizes curriculares**. 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/Ref_curriculares_-ABEPRO.pdf>. Acesso em 19 de janeiro de 2010 às 20 hs.

BAKER, K. R. **Introduction to sequencing and scheduling**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1974.

BARROS, A. D.; MOCCELLIN, J. V. Análise da Flutuação do Gargalo em Flow Shop Permutacional com Tempos de Setup Assimétricos e Dependentes da Seqüência. **Revista Gestão & Produção**, V. 11, n.1, p. 101-108, 2004.

BEDWORTH, D. D.; BAILEY, J. E. **Integrated Production Control Systems: management, analysis, design**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1987.

BOIKO, T. J. P. **Métodos heurísticos para a programação em Flow Shop Permutacional com tempos de setup separados dos tempos de processamento e independentes da**



seqüência de tarefas. 2008. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2008.

_____. Programação da Produção em Flow Shop Permutacional com Restrições Adicionais e Critérios de Desempenho de Flow Time e Makespan: uma Revisão de Literatura. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICO, 4, 2009, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão: 2009.

BOIKO, T. J. P.; MORAIS, M. de F Planejamento, A Atividade de Programação da Produção sob a Ótica da Pesquisa Operacional: Uma Abordagem Teórico Conceitual. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICO, 6, 2009, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão: 2009.

_____. Planejamento, A Atividade de Programação da Produção sob a Ótica da Pesquisa Operacional: Uma Abordagem Teórico Conceitual. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICO, 6, 2009, Campo Mourão, PR. **Anais.** Campo Mourão: 2009.

_____. Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP): Uma Discussão Teórico Conceitual. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICO, 6, 2009, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão: 2009.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Atlas. 2004

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

BRANCO, F. J. C.; NAGANO, M. S.; MOCCELLIN, J. V. Minimização da duração total da programação em sistemas de produção flowshop sem interrupção na execução das tarefas. In: ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção Agroindustrial, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 26, Fortaleza, 2006.

BUZZO, W. R.; MOCCELLIN, J. V. Programação da Produção em Sistemas Flow Shop Utilizando um Método Heurístico Híbrido Algoritmo Genético-Simulated Annealing. **Revista Gestão & Produção.** v. 7, n. 3. p. 364-377, 2000.

BRANCO, F. J. C. **Avaliação dos Métodos Heurísticos para o problema no-wait Flow Shop com o critério de minimização da duração total da programação.** 457 p. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

FRENCH, S. **Sequencing and Scheduling: an introduction to the mathematics of the job-shop.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1982.

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

GUPTA, J. N. D.; STAFFORD JR., E. F. Flowshop scheduling research after five decades. **European Journal of Operational Research,** Amsterdam, v. 169, p. 699-711, 2006.

LEITE, M.; ARROYO, J. L. C. Algoritmo busca tabu para a minimização do tempo de processamento e atrasos de entrega em sistemas de produção flowshop permutacional. In:



ENEGETP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção Agroindustrial, 26, 2006, Fortaleza. **Anais...XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 26, Fortaleza, 2006.

LUSTOSA, L. J. Et. Al. **Planejamento e Controle da Produção (PCP)**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

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.

MOCCELLIN, J. V.; NAGANO, M. S. Uma propriedade estrutural do problema de programação da produção flow shop permutacional com tempos de setup. **Pesqui. Oper.** [online], Rio de Janeiro, v.27, n.3, p.487-515, Setembro-Dezembro de 2007. ISSN 0101-7438. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pope/v27n3/v27n3a05.pdf>>. Acesso em: 20 agost. 2009.

MORABITO, R. **Pesquisa Operacional**. In: BATALHA, M. O. Engenharia de Produção. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MORAIS, M. de F.; BOIKO, T. J. P. Classificação de Sistemas de Produção Quanto ao Posicionamento do Processo: Uma Abordagem de Engenharia da Produção. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICO, 6, 2009, Campo Mourão, PR. **Anais...** Campo Mourão: 2009.

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

MULLER, F. M.; LIMBERGER, S. J. Uma heurística de trocas para o problema de seqüenciamento de tarefas em processadores uniformes. **Pesqui. Oper.** [online]. Rio de Janeiro, v.20, n.1, p. 31-42. junho de 2000. ISSN 0101-7438. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pope/v20n1/a05v20n1.pdf>>. Acesso em: 20 agost. 2009.

NAGANO, M. S. **Um Novo Método Heurístico Construtivo de Alta Performance para a Programação de Operações Flow-Shop Permutacional**. 89 f. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

NAGANO, M. S.; BRANCO, F. J. C.; MOCCELLIN, J. V. Soluções de Alto Desempenho para a Programação da Produção Flow Shop. **Anais...XIV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XIV SIMPEP)**, 14, 2007. Bauru, SP. Disponível em < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep.php?e=1>. Acesso em 22 de Marc. De 2010.

NAGANO, M. S.; MOCCELLIN, J. V. Flow shops paralelos com processadores não-relacionados. **Anais...XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XXII ENEGETP)**, 22, 2002. Curitiba, PR. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2002_TR60_0084.pdf>. Acesso em 22 de mar. de 2010.

NAGANO, M. S.; MOCCELLIN, J. V.; Lorena, L. A. N. Programação da produção flow shop permutacional com minimização do tempo médio de fluxo. **Anais... XXXVI SBPO**, 36, 2005, São José Del-Rei, MG. Disponível em: < <http://www.lac.inpe.br/~lorena/nagano/sbpo-nagano-mocellin-lorena.pdf> >. Acesso em 26 de mar. 2010.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Controle da Produção**. 6. ed. São Paulo: Pioneira. 2000.



RUIZ, R.; MAROTO, C. A comprehensive review and evaluation of permutation flowshop heuristics. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 165, p. 479-494, 2005.

SCARDOELLI, L. Y.; NAGANO, M. S.; MOCCELIN, J. V. Um novo método heurístico para redução do estoque em processamento em sistemas de produção flow shop sem interrupção na execução das tarefas. **Anais...XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XXVI ENEGEP)**, 26, 2006. Fortaleza, CE. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR460314_8171.pdf > Acesso em 20 de Agosto de 2009.

PORTMANN, M. C. Scheduling **methodology: optimization and compu-search approaches** I. In: ARTIBA, A.; ELMAGHRABY, S. E. The planning and scheduling of production systems: methodologies and applications. London: Chapman & Hall, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2002.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2000.

_____. Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas. 2007.

YANG, W.; LIAO, C. Survey of scheduling research involving setup times. **International Journal of Systems Science**, Abington, v. 30, n. 2, p. 143-155, 1999.