



SPOLM 2008

ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2008.

ESTUDO DE APLICAÇÃO PRÁTICA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE SEQÜENCIAMENTO DA PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA COM ALGORITMO GENÉTICO

Raul de Souza Brandão

UENF

Campos dos Goytacazes - RJ

raulbrandao22@yahoo.com.br

Jacqueline Magalhães Rangel Cortez

UENF

Campos dos Goytacazes - RJ

jmrc@uenf.br

RESUMO

Este artigo apresenta um estudo direcionado à aplicação prática de um método de resolução de múltiplos objetivos com algoritmo genético em um sistema real de seqüenciamento produção sob encomenda. O estudo pretende determinar um escalonamento de tarefas na produção, minimizando três objetivos: prazo de entrega; custo de produção e tempo de produção. Este sistema possui escalonamento de tarefas em máquinas paralelas não relacionadas e dependentes de seqüência, também possui demanda produtiva sob encomenda. O objetivo do estudo é desenvolver um método que possibilite demonstrar um conjunto de soluções satisfatórias para manipulação e auxílio na tomada de decisão no seqüenciamento da produção deste sistema produtivo.

Palavras-Chaves: PCP; Produção sob encomenda; Algoritmo Genético; Programação de Múltiplos Objetivos;

Abstract

This article presents a study directed to implement a method of resolving multiple objectives with genetic algorithm in a real system of production sequencing jobbing shop. The study aims to determine an escalation of labour in the production, minimizing three objectives: delivery date; cost of production and time of production. This system has escalation of tasks in parallel machines not related and dependent on sequence, also has demand productive jobbing shop. The aim is to develop a method allowing demonstrate a set of satisfactory solutions for handling and assisting in decision making in the sequencing of the production of this production system.

Keywords: PCP; Jobbing Shop; Genetic Algorithm; Programming of Multiple Objectives;

1. INTRODUÇÃO

Parágrafo. Parágrafo.

Uma importante área de estudo dentro do universo da pesquisa operacional envolve as aplicações nos problemas que tratam o seqüenciamento da produção. Os problemas de seqüenciamento da produção estão diretamente relacionados ao planejamento, programação e controle da produção (PPCP) nas indústrias (RAVETTI, 2003).

A tomada de decisão referente à distribuição de tarefas pelo PPCP exige bastante conhecimento e um detalhamento elevado do sistema produtivo, de maneira que possibilite serem definidas as melhores seqüências de fabricação. Com intuito de otimização, estas decisões consistem em escolher os conjuntos de insumos produtivos que estão mais aproximados nos processos de fabricação, ou seja, que têm características semelhantes na industrialização (SILVA, 2005).

O sistema real pesquisado no trabalho tem as seguintes características: produção metalúrgica de produtos e serviços sob encomenda e não provêm de software para gestão atual da produção. Essas particularidades deste sistema dificultam a determinação exata de alguns aspectos, são eles: prazos de entrega, capacidade de produção e custos de fabricação.

Este trabalho busca criar uma proposta de estudo para solucionar uma problemática real aqui apresentada, sendo necessário claro, o atendimento as respectivas restrições limitantes do sistema. Pretende-se que isso ocorra com a utilização futura de uma ferramenta computacional desenvolvida através de programação na linguagem Delphi, com método heurístico base em Algoritmo Genético de Múltiplos Objetivos, ao qual tem destaque particular em capítulos à frente deste trabalho, onde é possível evidenciar aplicações similares com esta técnica.

O projeto de pesquisa busca desenvolver uma aplicação prática de uma problemática real. Com funcionamento que deverá ser executado em paralelo, o que facilita o desenvolvimento de modelos com funcionalidades modulares e integradoras, o que permite uma divisão do sistema em funções que poderão operar independentemente ou conjuntamente. Este funcionamento independente permite a utilização de cada modulo ao mesmo tempo em elementos distintos de uma rede produtiva.

2. O SISTEMA REAL E SUAS CARACTERÍSTICAS

Dentre os principais aspectos do sistema produtivo que são propícios a estudos elaborados, podemos destacar:

- a) Auxílio em tomadas decisórias: enfatizado em melhorar seqüência de fabricação, através do aproveitamento dos tempos de setup (preparação) das máquinas, dos operários e ferramentas utilizadas.
- b) Verificação e remanejamento da capacidade produtiva: garante uma determinação aproximada dos prazos de entrega e atendimento das restrições quando aplicável dos prazos extraordinariamente obrigatórios.
- c) Auxílio nas decisões para retrabalho ou eliminação: identificam no sistema produtivo produtos inacabados ou com defeitos de fabricação que podem ou não ser aproveitados.
- d) Construção de base de dados das ocorrências produtivas: permite futuramente modificações em projetos que gerem por demasia serviços de manutenção e troca em garantia e propicia aumento de conhecimento através do desenvolvimento do norral tecnológico gerado.
- e) Eliminação preventiva de ociosidade: reduz as perdas de disponibilidade de homens e máquinas do sistema produtivo, com as devidas interligações dentre a administração e o sistema, como exemplo: compras, vendas e produção.
- f) Gerenciamento do controle de manutenção das máquinas: previne que ferramentas envolvidas no sistema produtivo fiquem interrompidas por falhas possíveis de serem identificadas previamente.
- g) Gerenciamento de manutenção em emergência: determina a coordenação produtiva derivada de produtos providos de manutenção emergencial, principalmente dos equipamentos em garantia e também para equipamentos de não-garantia.
- h) Rastreamento da produção: arquivamento de certificados de matéria-prima, máquinas que

beneficiaram e operadores envolvidos no processo produtivo, possíveis retrabalhos realizados e gerenciamento de trabalhos realizados por terceiros.

i) Prazo de entrega: considera as tarefas que possuem prazos pré-estabelecidos e que devem ser cumpridos a risca, desconsidera em primeiro plano o custo de fabricação e otimização do tempo das tarefas. Promove quando necessário um remanejamento produtivo e uma solução de aumento em disponibilidade de horas (horas extras de trabalho);

j) Redução de custos: deve ser considerado o menor custo da fabricação, baseado nos custos operacionais de cada máquina, que englobam tempo de setup e fabricação. Neste caso é relevante a preocupação com ociosidade de mão de obra operacional;

k) Tempo de produção otimizado: considera o melhor tempo de fabricação dos insumos produtivos, leva-se em consideração a melhor performance para cada tarefa realizada. Diferentemente da redução de custos, este caso pode provocar uma ociosidade de algumas máquinas do sistema produtivo, o que pode ajudar no discernimento para prováveis investimentos no sistema.

O sistema possui equipamentos para desenvolvimento da produção com capacidades flexíveis, o que torna o sistema característico de máquinas paralelas de tarefas diferentes e dependentes de seqüência. Produção de aeronaves, veículos espaciais, máquinas de médio e grande porte, ferramentas e equipamentos especiais são alguns exemplos desse sistema.

A figura apresenta uma tabela de informações que representam as tarefas do sistema e as máquinas disponíveis para realização destas tarefas. As tarefas são codificadas por letras e as máquinas por números. Essa figura possibilita uma abstração de informações que levam ao entendimento de que as tarefas são realizadas por uma ou por diversas máquinas e máquinas são capazes de realizar uma ou diversas tarefas.

Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								

Figura 1 – Exemplo básico tarefas de produção em máquinas paralelas

3. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO COM MÚLTIPLOS OBJETIVOS

As tomadas de decisão em otimização multiobjetivo envolvem diversos critérios, que podem ser medidos em quantidade e/ou qualidade para entendimento de sua solução. Considera-se esses problemas propícios a conflitos por natureza, pois podem englobar necessidades de minimização e maximização bastante divergentes. Para essa difícil tarefa decisória torna-se necessária a utilização de mecanismos que auxiliem a sua escolha, que podem ser ferramentas determinantes na consideração de fatores relevantes no que afetam a decisão.

Problemas de otimização multiobjetivo têm como característica fundamental em não prover apenas uma solução básica ideal para seus diversos objetivos, mas sim propiciar a um determinado decisor um leque de opções para identificação de qual é mais importante para cada aspecto necessário no momento que é consultado.

Tomar decisões implica em um processo de vários fatores, que tem como objetivo encontrar a solução ideal (TICONA, 2003), às vezes várias soluções são encontradas, porém nenhuma é satisfatoriamente superior a outra, o que implica em uma necessidade da utilização de um agente de decisão, que deve aplicar seus conhecimentos para aproximar-se de uma solução adequada para o problema. Sendo que em uma aplicação real soluções sub-ótimas são satisfatórias e suficientes no ambiente produtivo (ZHOU *et al.*, 2001).

Pode-se definir que as metas para uma otimização de múltiplos objetivos é a busca por um conjunto de soluções mais próximas da Otimalidade (Fronteira de Pareto) e mais diversificadas quanto possível. Esse critério pode ser entendido como Otimalidade de Pareto, quando se tem então um conjunto finito de soluções e podemos fazer comparações entre elas determinando as soluções dominadas e não-dominadas. Na próxima figura é ilustrado o conceito de Fronteira de Pareto.

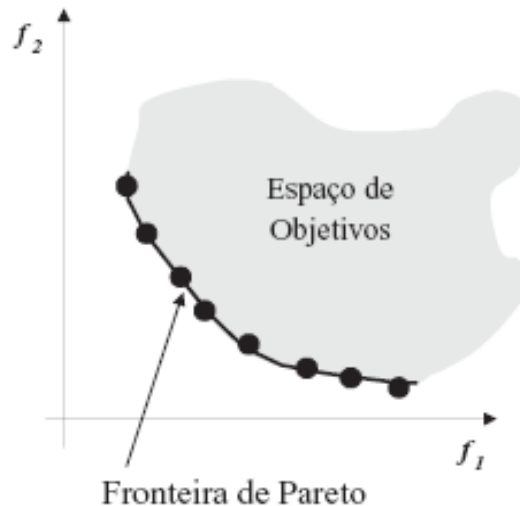


Figura 2 – Fronteira de Pareto (Ticona, 2003)

Os problemas multiobjetivos podem ser resolvidos, ou seja, calculados baseados em diversos métodos, para esta pesquisa pretende-se aplicar dois métodos são eles: Restritivo e ponderado.

O método restritivo consiste em determinar uma função objetivo como função única do problema, ou seja, transformando em mono-objetivo esse método faz com que as outras funções sejam transformadas em restrições do problema, sendo associado a um valor W para essas restrições que limitam o novo problema gerado. A determinação do valor W deve ser cuidadosamente escolhida pela decisor, pois sua importância tem haver com sua relevância no problema.

O método ponderado pode ser entendido como uma determinação de pesos para os objetivos, a fim de incrementar uma importância alta para as funções que têm valor mais desejado e penalizar aquelas que podem ser consideradas de baixa relevância, esse peso é conhecido como λ . Sendo que nesse tipo de método o problema tratado passa a ser mono objetivo, sendo a sua função formada pelas diversas funções só que cada qual com seu peso.

4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Slack *et al.* (1997) o PCP deve se preocupar com a conciliação entre oferta e demanda, para que isso seja possível, tarefas que buscam o equilíbrio de volume e tempo no sistema produtivo devem ser desenvolvidas (SILVA, 2005). Baseando no trabalho de Slack *et al.*(1997) as tarefas a serem desenvolvidas são:

Carregamento: quantidade de trabalho a ser alocado para um centro de trabalho, que podem ser, por exemplo, operário ou máquina a desempenhar a tarefa. Deve-se então determinar o quanto de serviço será alocado para o centro de trabalho, levando em conta

fatores que podem aumentar os tempos das operações, como: manutenção das máquinas, tempo ocioso (dias que operários não operam as máquinas). Sendo assim, existem duas abordagens para o carregamento de uma máquina: o finito e o infinito. Finito consiste em alocar trabalho dentro de um limite estabelecido; por exemplo: condições de operação normal. Para infinito não há limitação ao trabalho a ser alocado, mas sim uma tentativa a corresponder a todo ele (exemplo: emergências de produção).

Seqüenciamento: determinação da prioridade de fabricação dos produtos e serviços a serem desempenhados. Este método de escolha mais adequada da seqüência de produtos ou serviços a serem processados no sistema produtivo é conhecido como seqüenciamento de produção. Para a determinação da prioridade algumas regras de seqüenciamento podem ser aplicadas, como por exemplo: data de entrega; lucro unitário; quantidade total; quantidade restante; lote típico; roteiro de produção; tempo de produção; tempo de transporte; tempo de setup. Para este estudo, o seqüenciamento de produção terá fundamental importância para três aspectos a serem otimizados: são eles: minimizar o atraso de entrega; aumentar o custo unitário e redução do tempo de setup.

Programação: a programação da produção pode ser visualizada em uma demonstração gráfica através de cronogramas que demonstrem o seqüenciamento da mesma. Essa programação pode ser dividida em: Programação para Frente e Programação para Trás. Na programação para Frente é realizada no momento que a demanda é confirmada, sendo assim muitas das vezes promove uma folga na entrega, porém requer alta utilização de mão-de-obra e possui flexibilidade para programação inesperada. Para Programação para Trás envolve-se em começar o trabalho no último momento possível, o que implica em uma não aceitação de atraso, a tarefa é desempenhada quando falta apenas a quantidade de horas para entregar, equivalente ao tempo de execução da mesma. Para entender programação para trás se pode exemplificar de uma maneira a fazer um trocadilho com o “Jeitinho brasileiro” em deixar as coisas para fazer na última hora possível.

Será explicado com mais ênfase os três itens que serão abordados nesse trabalho sobre seqüenciamento de produção, relevante em Silva (2005).

Data de entrega: Corresponde ao prazo de entrega do produto, acordado com o cliente a fim de atender as expectativas do mesmo e satisfazer as restrições do sistema produtivo.

Lucro unitário: Preço monetário de venda de uma unidade do produto ou serviço desempenhado, deduzido dos custos relacionados ao trabalho e os impostos aplicados ao tipo de operação.

Tempo de setup: Tempo de configuração e ajuste de cada máquina ou ferramentas para desempenhar o processo de produção de um serviço ou produto.

5. SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO

O que é seqüenciamento da produção? É o escalonamento de tarefas da produção, que consiste em determinar o início (data inicial para realização da tarefa), a ociosidade (tempo de espera para realização de uma determinada tarefa dependente) e o fim (data para término da tarefa) de cada um dos processos de fabricação de um sistema produtivo.

O estudo de seqüenciamento (escalonamento de tarefas) da produção interage diretamente com PCP, onde a programação da produção é responsável por determinar a seqüência dos processos produtivos, sendo assim será demonstrado mais profundamente nessa seção uma abordagem direta de alguns tipos de seqüenciamento da produção conhecidos na literatura. Também pretende-se tratar com relevância o objeto de estudo do trabalho a ser desenvolvido, ou seja, enfatizar o tipo de seqüência encontrado no caso real.

Para um bom planejamento da produção deve ser dado enfoque tarefa de seqüenciar a produção, algo bastante complexo, sua estrutura de funcionamento é como um quebra cabeça, onde cada processo deve se encaixar perfeitamente a fim de prover um equilíbrio no sistema; porém, sua complexidade é conhecida devido ao dinamismo que sempre pode alterar

a produção quando distúrbios produtivos ocorrem. Como exemplo de distúrbios da seqüência pode-se citar a falta de matéria-prima para realização da operação ou mesmo uma quebra de equipamento do setor produtivo.

A eficiência produtiva está relacionada a um bom escalonamento, que pode provocar ótimos resultados, ou seja, vantagens no sistema de produção. Ajudar bastante na redução dos estoques, aproximando o sistema de uma configuração do Just In Time, melhorar a eficiência em determinação de prazos de entrega e facilitar a diminuição de gargalos do sistema (Luh *et al.*, 1998).

A classificação de maior parte dos problemas de seqüenciamento é baseada em três pilares que formam a sua estrutura (conjunto), esses conjuntos são: $S=(S_1, S_2, S_3, \dots, S_s)$ de s serviços (tarefas), $M=(M_1, M_2, M_3, \dots, M_m)$ de m máquinas, $R=(R_1, R_2, R_3, \dots, R_r)$ de r tipos de recursos adicionais (RAVETTI, 2003). Abaixo as características que definem a classificação dos problemas de escalonamento da produção baseado na pesquisa de Ravetti (2003) são mostradas.

1º) Classificação de velocidade de processamento das máquinas: máquinas idênticas; máquinas uniformes e máquinas não relacionadas. Como o estudo foca as máquinas não relacionadas será explicado melhor esse tipo. Suas tarefas são executadas em tempo de processamento diretamente dependente da operação a ser executada.

2º) Características das tarefas: vetor de tempo de processamento (tempo de execução da tarefa); datas de disponibilidade (data inicial que disponível para execução); data de entrega (data para finalizar a tarefa); prioridade (grau de importância para realização da operação). Esses são os dados característicos e gerais das tarefas a serem tratadas no trabalho. Das disposições relacionadas à data de entrega, poderá haver penalizações referentes ao atraso.

3º) Características dos recursos adicionais: pode-se destacar a sua necessidade básica para execução da operação, ou falta de utilidade, podem ser caracterizados no problema como variáveis binárias que indicam o valor '0' como não utilizado e '1' como obrigação para utilização.

O origem dos estudos de escalonamentos de tarefas na produção se iniciou com as pesquisas Henry Gantt, sua importância é evidente através dos gráficos de escalonamento de tarefas amplamente conhecidos na literatura como gráficos de Gantt.

O problema de seqüenciamento da produção real estudado é entendido como sob encomenda, que é de grande complexidade e difícil resolução dentre o universo dos problemas combinatórios (QUEZADO *et al.*, 1999) os problemas NP-completos (GAREY e JOHNSON, 1979).

Estes sistemas de produção sob encomenda devem possuir máquinas capazes de realizar tarefas distintas, o que exige deste sistema uma grande flexibilidade de seus equipamentos manufatureiros. O objetivo do seqüenciamento adequado é minimizar o tempo de realização das tarefas, ou seja, determinar uma seqüência de baixa dependência e de muita eficiência no tempo de processamento das tarefas.

Para Zhou *et al.* (2001) é extremamente dificultada a resolução ótima de um problema de produção sob encomenda utilizando-se das técnicas tradicionais de otimização. Isso ocorre devido à demasiada complexidade computacional necessária para esse tipo de resolução. Porém em uma aplicação real soluções sub-ótimas já são suficientes e atendem a uma exigência satisfatória do ambiente produtivo (Zhou *et al.*, 2001).

6. ALGORITMO GENÉTICO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

Os Algoritmos Genéticos (AG's) foram desenvolvidos com idéias baseadas no principio de Darwin. O principio Darwiniano retrata a evolução das espécies, fenômeno que é conhecido como seleção natural, ele constitui em selecionar somente os indivíduos mais aptos para sobrevivência no meio. Para os AG's o foco é o estudo da evolução genética dos

indivíduos. São técnicas de busca que tem inspiração na seleção e genética natural (Goldberg, 1989).

Algumas aplicações recentes utilizando AG's são destacadas abaixo:

Em Oliveira e Shimizu (2004), utilizam de algoritmo de busca genética híbrida para o problema de programação de tarefas em *job shop* dinâmico, com objetivo de minimizar o atraso total das tarefas;

Em Arroyo e Ribeiro (2004), é utilizado algoritmo genético para o problema de escalonamento de tarefas em máquinas paralelas com múltiplos objetivos;

Para Varela (2007) a otimização do seqüenciamento da produção é parte da classe de problemas combinatórios de difícil resolução: os problemas NP-completos (Garey e Johnson, 1979), os quais caem dentro do âmbito de resolução dos algoritmos genéticos;

É tratado em Buzzo e Moccellin (2000) o problema de programação de tarefas flow shop permutacional, utilizando método híbrido de algoritmo genético e Simulated Annealing para melhorar soluções iniciais e com esses procedimentos minimizar o *makespan*;

Em Landmann *et al.* (2006) é aplicado AG's na resolução de um problema aplicado de programação da produção em empresas metalúrgicas para otimizar a utilização da carga máxima do forno.

Para o estudo de AG's torna-se interessante conhecer os métodos de seleção dos genes a ser aplicado no problema, é nessa escolha que poderemos saber qual solução encontraremos no problema. Vale lembrar que todos os métodos de seleção dos AG's são baseados na sobrevivência dos indivíduos mais aptos.

Dentre os métodos amplamente conhecidos na literatura se podem destacar alguns: Roleta, Torneio, Rank Linear e Rank Exponencial. Após aplicação dos métodos de seleção temos a utilização dos métodos de geração de descendentes que podem ser por cruzamento (Crossover) de indivíduos ou por mutação genética, sendo este método necessário somente um indivíduo, que gera descendentes por modificação da sua estrutura.

A figura 3 mostra o fluxograma básico e inicial que descreve o esquema de funcionamento do algoritmo a ser desenvolvido por esta proposta de estudo.

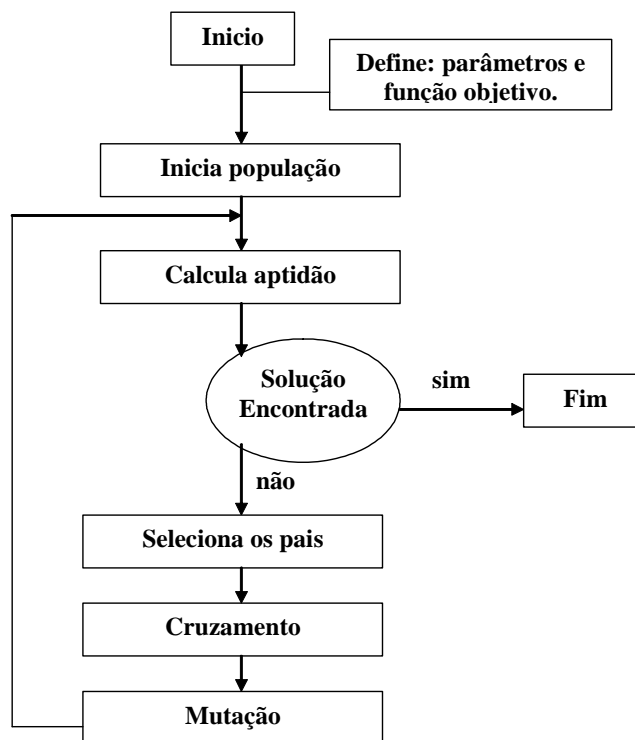


Figura 3 – Fluxograma básico do algoritmo genético proposto

7. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SISTEMA

As informações descritas abaixo apresentam de maneira inicial as características básicas do sistema real em estudo por esta pesquisa. Vale lembrar que estudos mais aprofundados tenderão a uma abordagem mais completa dos recursos e das limitações deste sistema.

Variáveis e Parâmetros

S	Serviço ou tarefa
s	Número de tarefas disponíveis
M	Máquinas do setor produtivo
m	Número de máquinas disponíveis do setor produtivo
R	Recursos adicionais
r	Número de recursos adicionais
T	Tempo de operação para realização de uma tarefa
E	Equipamento fabricado
P	Peças ou item de um equipamento
C	Custo de realização de uma tarefa
D	Disponibilidade de horas de trabalho.
H	Horas normais de trabalho.
HX	Horas extras de trabalho.
G	Prazo de entrega
S_M	Variável binária que demonstra a realização (1) ou não realização (0) de um serviço em uma determinada máquina.
P_E	Variável binária que demonstra a inclusão (1) ou não inclusão (0) de um item em um determinado equipamento.
TSM_p	Tempo gasto em uma máquina para realização de um serviço de uma

determinada peça.

Funções Objetivo

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max}Z_{\text{Entrega}} = \\ \text{Min}Z_{\text{Custo}} = \\ \text{Min}Z_{\text{Produção}} = \end{array} \right\} \text{Funções com objetivos de minimização do prazo de entrega, custo e tempo de produção.}$$

Restrições

$$\sum T_p \leq \sum DM$$

Somatório dos tempos de fabricação das peças é menor ou igual ao somatório dos tempos de disponibilidade de máquinas.

$$G_E \leq \sum (T_p)_E$$

Prazo de entrega de um equipamento é menor ou igual ao somatório de tempo gasto para fabricação das peças do equipamento.

$$T_p = \sum TSM_p$$

Tempo total gasto em serviços de uma determinada peça é igual ao somatório de todos os tempos de serviços da peça.

$$G_E = \sum DM$$

Prazo de entrega do equipamento é igual ao somatório de disponibilidade de máquinas no momento que foi realizado a consulta.

$$E = \sum P_E$$

Equipamento é o somatório de todas as peças associadas aquele equipamento.

$$CP = \sum (CS_M * T)_p$$

Custo de fabricação de uma peça é igual ao somatório dos custos de realização dos serviços nas máquinas multiplicado pelo tempo relacionado à peça.

$$CE = \sum (CP)_E$$

Custo de fabricação de um equipamento é igual ao somatório dos custos de fabricação de todas as peças relacionadas à fabricação do determinado equipamento.

$$DM = H_M + HX_M$$

Disponibilidade de horas de trabalho para realização de serviços associado a uma máquina é igual às horas de trabalho normais somadas as horas extras.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de Algoritmos Genéticos na resolução de uma aplicação real de múltiplos objetivos é bastante desafiadora e incentivada pelo estado da arte nestes tipos de problema. Porém existem dificuldades a serem relevadas e pretendidas, como por exemplo, a necessidade de obtenção de resultados instantâneos em aplicações reais. Talvez uma aproximação já seja satisfatória em termos de necessidade prática.

As necessidades de intervenção na produção que são ocasionadas por problemas reais devem possuir respostas emergenciais para evitar danos produtivos, o que dificulta muito este tipo de aplicação prática e promove uma gama maior de estudos no tema. Satisfatoriamente são necessários resultados capazes e reduzir e promover significativamente uma melhora no tempo de escalonamento das tarefas em um sistema produtivo.

Em problemas caracterizados como reais é evidente a existência eventos de natureza inconstante o que gera uma problemática a nível de aplicação dos conceitos estudados, alguns deles são: atrasos ou distorções no tempo de processamento das tarefas pelo fator humano, quebra de máquinas inesperadas e mudanças na data de entrega dos produtos. Esses são exemplos de eventos aos quais se pretende tratar em trabalhos futuros a essa pesquisa aplicada.

Todos os estudos direcionados a esse artigo servirão de base do projeto de dissertação de mestrado e para pesquisas futuras que envolvem a aplicação prática e real de Algoritmo Genético na resolução de múltiplos objetivos dos problemas de programação da produção sob encomenda.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **ADAN JR, E.E. & SWAMIDASS P.M.** *Assessing Operations Management from a strategic perspective*. Journal of Management, vol. 15, n.2, pp. 81-203, 1989.
- [2] **ARROYO, J.E.C. & RIBEIRO, R.L.P.** *Algoritmo Genético para o problema de escalonamento de tarefas em máquinas paralelas com múltiplos objetivos*. XXXVI – SBPO, pp 1546-1557, 2004.
- [3] **BUZZO, W.R. & MOCCELLIN, J.V.** *Programação da produção em sistemas Flow Shop utilizando um método heurístico híbrido algoritmo genético Simulated Annealing*. Gestão & Produção, SÃO CARLOS-SP, v. 7, n. 3, p. 364-377, 2000.
- [4] **GAREY, M.R. & JOHNSON, D.S.** *Computers and intractability the theory of np-completeness*, Freeman, 1979.
- [5] **GOLDBERG, D.E.** *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Reading, MA, 1989.
- [6] **LANDMANN, R.; BITTENCOURT, E.; DEMÉTRIO, A. J. & STEUERNAGEL, A.L.** *Programação da produção em empresas metalúrgicas com utilização de algoritmo genético*. Anais do 26º ENEGEP, 2006.
- [7] **QUEZADO, P.C.A.M.; CARDOSO, C.R. de O. & TUBINO, D.F.** *Programação e Controle da Produção sob Encomenda Utilizando PERT/COM e Heurísticas*. Anais do 19º ENEGEP, 1999.
- [8] **RAVETTI, M.G.** *Problemas de seqüenciamento com máquinas paralelas e tempos de preparação dependentes da seqüência*. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Belo Horizonte - MG, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2003.
- [9] **OLIVEIRA A.C. De & SHIMIZU, T.** *Um algoritmo de busca genética híbrida para o problema de programação de tarefas em job shop dinâmico*. Anais do 36º SBPO, 2006.

- [10] **SILVA, A.R. da** *Um Método de Análise de Cenários para Seqüenciamento da Produção Usando Lógica Nebulosa*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - São Carlos-SP, Universidade Federal de São Carlos-UFSC, 2005.
- [11] **SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRINSON, A. & JOHNSTONS, R.** *Administração da Produção*. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- [12] **TICONA, W.G.C.** *Aplicação de Algoritmos Genéticos Multi-Objetivo para Alinhamento de Seqüências Biológicas*. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – São Paulo - SP, Universidade de São Paulo – USP, 2003.
- [13] **VARELA, M.L.R.** *Uma Contribuição para o Escalonamento da Produção Baseado em Métodos Globalmente Distribuídos*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Minho – PT, Universidade do Minho – Portugal, 2007.
- [14] **ZHOU, H.; FENG, Y. & HAN, L.** *The hybrid heuristic genetic algorithm for job shop scheduling*. Computers & Industrial Engineering, v.40, p. 191-200, 2001.