

SEQÜENCIAMENTO DE BATELADAS EM *SCHEDULING* USANDO OTIMIZAÇÃO MULTIOBJETIVO

Lia Yamamoto¹ (UTFPR), Lúcia Valéria Ramos de Arruda² (UTFPR), Nikolas Libert (UTFPR)

¹Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba-PR, lia@cpgei.cefetpr.br

²Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba-PR, arruda@cpgei.cefetpr.br

Este trabalho tem como objetivo o estudo e o desenvolvimento de uma modelagem metaheurística para a geração de ordenações das bateladas de produtos derivados do petróleo, criando uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão do problema de programação (*scheduling*) das operações de uma malha dutoviária. Devido à complexidade do *scheduling* e do elevado tempo computacional envolvido, propõe-se uma decomposição do problema baseando-se nos três elementos chaves do *scheduling*: alocação dos recursos, seqüenciamento das atividades, e temporização destas atividades. Este trabalho enfatiza o estudo do sub-problema de seqüenciamento das atividades, que neste caso está relacionado à ordenação das bateladas.

Assim, o seqüenciamento é alimentado pelo módulo de alocação de recursos, denominado pré-processamento, que através de dados de terminais e refinarias, que incluem a tancagem, curva de produção, curva de demanda, vazão de bombeio, gera as bateladas que serão seqüenciadas. E posteriormente ao seqüenciamento é empregado um processo de temporização, que utiliza a ordenação das bateladas e as restrições operacionais, como restrições locais, de bombeamento, de recebimento, de horosazonalidade, para adequar as bateladas no tempo. A intenção deste estudo é obter uma melhor ordenação inicial que possa implicar em uma diminuição do horizonte de tempo do *scheduling*, além de apresentar uma melhoria da taxa de utilização dos dutos, priorizando o atendimento a demanda de produtos. Atualmente esta programação é realizada por um especialista. Essa ferramenta possibilita a análise pelo especialista, de mais de uma solução, mostrando as melhores alternativas de *scheduling*.

O seqüenciamento é um problema multiobjetivo, que abrange as previsões de produção e demanda, a tancagem, e uma lista de prioridades de envio dos produtos. A resolução de um problema multiobjetivo é uma tarefa de difícil solução, devido aos conflitos entre objetivos. Neste trabalho é proposto o uso de uma metaheurística baseada em algoritmo genético para resolver esta otimização multiobjetivo.

A complexidade do problema em estudo e a necessidade de uma ferramenta de auxílio ao especialista em um curto tempo faz com que esta ferramenta tenha grande influência no resultado final da programação, otimizando as operações de uma malha dutoviária.

Scheduling, Seqüenciamento, Algoritmo Genético, Multiobjetivo, Bateladas

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma grande preocupação com o planejamento, a programação da produção e distribuição de bens e produtos, devido a busca de uma maior eficiência na utilização dos recursos das indústrias. Segundo Rejowski e Pinto (2003), a indústria petrolífera, em especial, pode ter um ganho econômico considerável através do uso de práticas de planejamento (*planning*) e programação (*scheduling*).

Segundo Tavares (2005), a capacidade total dos dutos brasileiros, hoje considerados como de transporte é de 334.848 m³/dia, sendo que apenas 55 % deste volume têm sido usados em média nos últimos seis anos. Assim, faz-se necessário o estudo visando uma utilização ótima da malha dutoviária.

O planejamento e a programação das operações de uma rede dutoviária objetivam a utilização mais eficiente dos recursos resultando em um maior desempenho da rede. O problema de *scheduling* de dutos é um problema de otimização combinatória dos mais difíceis, que envolve complexas restrições operacionais, tornando necessário o desenvolvimento de modelos que auxiliem na tomada de decisão. Técnicas de pesquisa operacional têm se tornado uma ferramenta eficiente na otimização destes processos operacionais, auxiliando na modelagem e resolução de problemas combinatórios. Nas últimas décadas, técnicas metaheurísticas têm sido amplamente estudadas e utilizadas na resolução de vários problemas complexos e mostram ser muito eficientes na busca de soluções satisfatórias em um tempo mais curto.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O *scheduling* é necessário sempre que exista uma competição entre atividades para o uso de recursos limitados, dentro de um determinado período de tempo (Reklaitis (1992)). Sendo, assim, é uma estratégia de operação a ser otimizada. Os três elementos-chave do *scheduling* são: a determinação dos recursos a serem

utilizados, o sequenciamento de atividades, e a temporização do uso dos recursos pelas atividades (Magatão (2001)).

O *scheduling* das operações de transporte de uma malha dutoviária real demanda uma grande quantidade de dados e possui um grande número de restrições, sendo um problema de grande complexidade computacional. Devido à dinâmica do processo, faz-se necessária a obtenção de uma solução em um curto tempo, o que justifica a divisão do problema e a utilização de metaheurísticas na resolução do problema.

Existem vários trabalhos relacionados à resolução do problema de *scheduling*. Nos trabalhos de Magalhães (2004), Stebel (2006), Pinto e Rejowski (2003) têm-se uma revisão de trabalhos que usam técnicas de programação matemática em otimização linear e não-linear na resolução de problemas de *scheduling*.

A aplicação de técnicas metaheurísticas em *scheduling* tem sido ampliada. Ku e Karimi (1991) e Tandon, Cummings e LeVan (1995) aplicaram *simulated annealing* no problema de *scheduling* de processos operacionais. Yamada (2003) trabalhou com metaheurísticas aplicadas no problema de *job shop scheduling* e *flow shop scheduling*, onde usou o algoritmo genético, *simulated annealing* e busca tabu, incorporando outras técnicas em seus desenvolvimentos. Buzzo e Moccelin (2000) usaram métodos híbridos algoritmo genético – *simulated annealing* no problema de *flow shop scheduling* permutacional com o objetivo de minimizar o *makespan*. Realizaram uma comparação dos métodos AG e SA puros e métodos híbridos. Crane, Wainwright e Schoenefeld (1999) apresentaram um modelo aplicando algoritmo genético para a resolução do problema simplificado de *scheduling* de dutos. Löhl, Schulz e Engell (1998) apresentaram a aplicação de algoritmo genético (AG) no problema de seqüenciamento de um conjunto de operações de um processo de produção. Montana et. al. (1998) desenvolveram uma aproximação genérica para problemas de *scheduling* usando algoritmo genético que permite uma relativa facilidade e agilidade na resolução de problemas com diferentes domínios. Sasikumar et. al. (1997) desenvolveram um método heurístico para o problema de *scheduling* de dutos para a distribuição de produtos derivados do petróleo. Mockus e Reklaitis (1996) apresentaram uma resolução para o problema de *scheduling* de um grupo de processos usando aproximação heurística aleatória (*randomized heuristics approach*).

Westphal (2006) usou o algoritmo genético considerando otimização multiobjetiva em um problema de *scheduling* em uma rede simplificada de distribuição de derivados de petróleo. Cruz et. al. (2003) apresentaram um modelo com otimização multi-objetivo e um algoritmo evolucionário com restrições, para o problema de distribuição de produtos derivados do petróleo por uma malha dutoviária. Garcia et. al. (2004) usaram duas técnicas para a resolução do problema de *scheduling*: um método heurístico chamado algoritmo evolucionário multi-objetivo, e a programação matemática usando o método das restrições na programação linear inteira mista. Seus resultados mostraram que ambas as técnicas alcançaram soluções similares e são capazes de evitar ótimos locais.

Observou-se que a resoluções de problemas de *scheduling* através do uso de técnicas metaheurísticas, são realizadas dentro de um curto espaço de tempo e, apresentam soluções satisfatórias.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho, o problema completo de *scheduling* foi tratado através de uma divisão em três blocos: pré-processamento, seqüenciamento e temporização. O pré-processamento realiza a alocação dos recursos, e os blocos de seqüenciamento e temporização realizam otimizações de ordenação e a alocação no tempo, respectivamente.

O seqüenciamento é um processo de geração de uma ou mais ordenações de bateladas de produtos derivados do petróleo. Este é alimentado pelo módulo de alocação de recursos, denominado pré-processamento, que através de dados de terminais e refinarias, que incluem a tancagem, curva de produção, curva de demanda, vazão de bombeio, gera as bateladas que serão seqüenciadas. E posteriormente ao seqüenciamento, é empregado um processo de temporização, que utiliza a ordenação das bateladas e as restrições operacionais, como restrições locais, de bombeamento, de recebimento, de horosazonalidade, para adequar as bateladas no tempo. A Figura 1, a seguir, mostra a divisão do problema em três blocos.

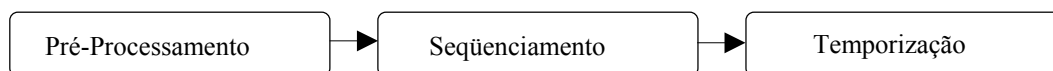


Figura 1. Divisão do problema de *scheduling* em três blocos

Este trabalho trata especificamente do módulo seqüenciamento do problema de *scheduling*, que realiza ordenações das bateladas, que foram previamente geradas pelo pré-processamento, com a finalidade de obter melhores soluções após o processo de temporização.

3.1 Problema

Neste trabalho adotou-se uma rede, como mostra a Figura 2, composta por: 9 nós, em que 3 deles são refinarias (N1, N3 e N7), 1 porto (N9), e 5 centros de distribuição. Nestes 9 nós são permitidos o consumo de produtos e a distribuição para um mercado local. Há 15 dutos, interligando os nós, em que 3 deles permitem a reversão de fluxo (5, 7 e 15). Consideram-se 10 diferentes produtos derivados do petróleo. Foram adotados dados referentes às operações a serem realizadas dentro do período de um mês, sendo uma carteira com 76 bateladas.

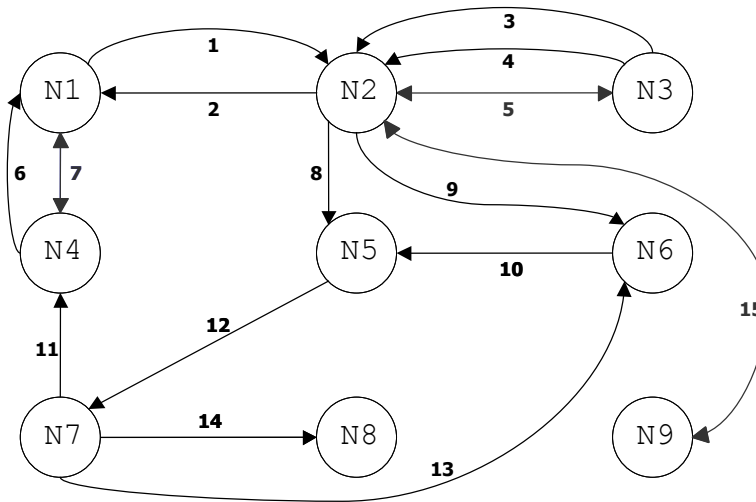


Figura 2. Rede em estudo

3.2 Metaheurística - Algoritmo Genético

O termo heurística tem o significado da geração de uma solução para um problema, baseada na experiência, entretanto não consegue garantir a geração de uma solução ótima. O termo metaheurística pode ser definido como um processo de geração iterativa que guia uma heurística pela combinação inteligente de diferentes conceitos de exploração do espaço de busca, em que estratégias de aprendizado são usadas para encontrar soluções ótimas, ou próximas, de forma eficiente (Blum e Roli (2003)).

Geralmente usa-se o termo metaheurística para a obtenção de soluções de complexos problemas combinatoriais. Problemas que geralmente envolvem um grande número de variáveis de decisão. Estes incluem os problemas de agrupamento, ordenação ou seleção de objetos discretos.

Silver (2002) apresenta algumas razões para a utilização de métodos heurísticos:

- Facilidade de implementação – A aceitação e uso de regras pelos tomadores de decisão pode ser facilitada pelo entendimento de como estas regras operam, em particular como os parâmetros influenciam as ações.
- Melhorias sobre a prática tradicional – os gerenciadores podem ficar satisfeitos com uma solução heurística que pode produzir melhores resultados que os obtidos por métodos tradicionais.
- Resultados mais rápidos – muitas vezes faz-se a necessidade de uma solução rápida e a heurística pode ser desenvolvida mais rapidamente que as rotinas de otimização.
- Robustez – A heurística pode ser menos sensível a variações das características do problema e da qualidade dos dados.
- Possibilidade de uso da heurística dentro de rotinas de otimização.

Muitas técnicas metaheurísticas são amplamente utilizadas na resolução de problemas de otimização combinatoria, assim, a seguir tem-se uma rápida descrição da técnica metaheurística usada neste trabalho, o algoritmo genético.

O AG é um algoritmo de busca baseada na evolução natural e na genética. É definido um conjunto de soluções denominado população inicial, o qual é formado por indivíduos normalmente gerados de forma aleatória ou através de algum processo heurístico. Desta lista de indivíduos haverá reproduções, através de operadores genéticos para a seleção, recombinação, mutação e substituição da população, que formarão novos conjuntos de indivíduos transmitindo parte de seu material genético às gerações futuras. Essas novas gerações

serão analisadas de modo que a população seja sempre formada pelos indivíduos que apresentem melhor *fitness*, ou seja, mais adequados ao sistema.

3.3 Formulação do Problema

Com o objetivo de obter uma solução que atenda as várias exigências do modelo, a função objetivo tem como prioridade a entrega do produto no nó de demanda para que não apresente falta de produto para o consumidor. Incluindo, ainda, a janela de tempo no destino, que considera quando o nó de destino possibilita o recebimento de produto até o tempo em que o destino apresenta a necessidade de recebimento devido à curva de demanda, o tempo que há a disponibilidade do produto no nó de origem, a janela de tempo na origem, que considera a curva de produção apresentando o tempo que o produto está disponível e o tempo limite para o envio do produto, e, ainda, uma ordenação de prioridade entre os produtos derivados do petróleo.

Segundo Coello (1999), a otimização multiobjetivo é uma importante área de pesquisa, devido à natureza multiobjetiva da maioria dos problemas reais. Uma das importantes formas de resolução de um problema de otimização evolucionária multiobjetivo (EMOO) é pelo uso da função de agregação, utilizada neste trabalho. Em que é realizada a combinação de todos os objetivos considerados no problema, como pode ser visto na Equação 1, a seguir:

$$FO = \sum_{i=1}^k w_i f_i(x) \quad (1)$$

onde: FO é a função objetivo do problema, k é o número total de objetivos, w_i é o peso atribuído ao objetivo i e f_i é o objetivo i considerado no problema de otimização.

A função objetivo utilizada, neste trabalho, para a otimização do problema de seqüenciamento das bateladas é dada na Equação 2, a seguir, e os seus elementos estão descritos na Tabela 1.

$$FO = \sum_{i=1:nBat} peso_posição_i \cdot \left(w_1.ord_Tfmax_i + w_2.ord_Tfmin_i + w_3.ord_prod + w_4.ord_Timax_i - w_5.ord_Timin_i \right) \quad (2)$$

Tabela 1. Descrição dos elementos que compõem a equação da função objetivo

FO	Função Objetivo;
$nBat$	Número total de bateladas da carteira considerada;
$peso_posição_i$	Peso atribuído para a posição i da batelada (é atribuído um maior valor para a primeira batelada e este valor vai diminuindo gradativamente);
w_i	Peso atribuído a cada objetivo i que está sendo otimizado;
ord_Tfmax_i	Número de ordem da batelada i , referente ao tempo máximo no qual a batelada deve chegar ao destino;
ord_Tfmin_i	Número de ordem da batelada i , referente ao tempo mínimo no qual a batelada pode chegar ao destino;
ord_Tfmax_i	Número de ordem da batelada i , referente ao tempo máximo no qual a batelada pode sair da origem;
ord_Tfmin_i	Número de ordem da batelada i , referente ao tempo mínimo no qual a batelada deve sair da origem;
$ord_Tfmax_i - Tfmin_i$	Número de ordem da batelada i , referente à janela de tempo do destino;
$ord_Tfmin_i - Tfmax_i$	Número de ordem da batelada i , referente à janela de tempo da origem;
ord_prod	Número de ordem de importância de envio do produto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados mostrados, a seguir, foram obtidos através da média de uma série de simulações.

O módulo de pré-processamento fornece uma ordenação inicial, esta que foi comparada com as soluções obtidas com o uso da ordenação do módulo de seqüenciamento.

Ao comparar o tempo total (*makespan*) obtido pelo pré-processamento e pelo seqüenciamento, pode-se verificar na Figura 3 que não houve mudança. Assim, não houveram ganhos, para este exemplo de carteira, com relação ao tempo total necessário para a realização de todos os processos operacionais.

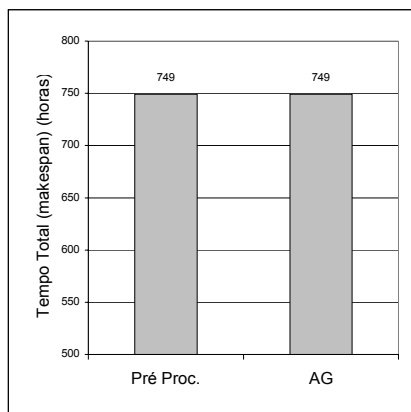


Figura 3. Tempo Total (*Makespan*) do *Scheduling*

Ao observar o número de interseções entre diferentes produtos em um mesmo duto, na Figura 4, o resultado obtido pela metaheurística apresentou uma solução com um número menor de interseções, podendo representar um menor gasto com selos ou, uma menor perda de qualidade de produtos que pode ocorrer na interseção entre eles.

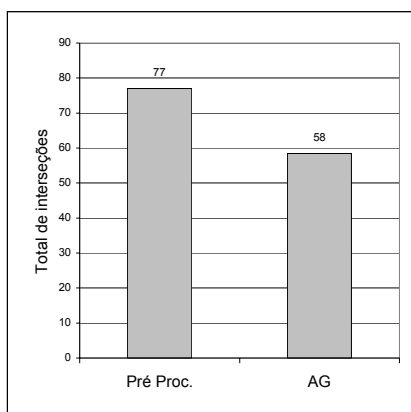
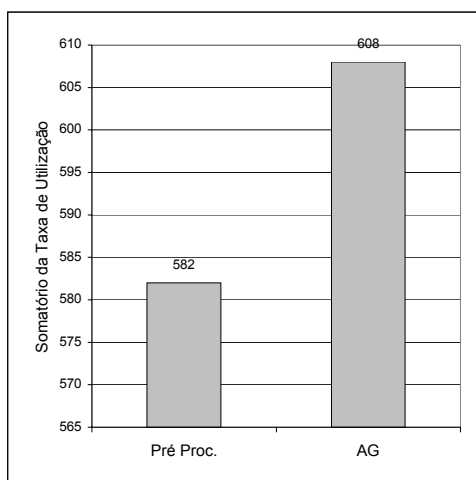
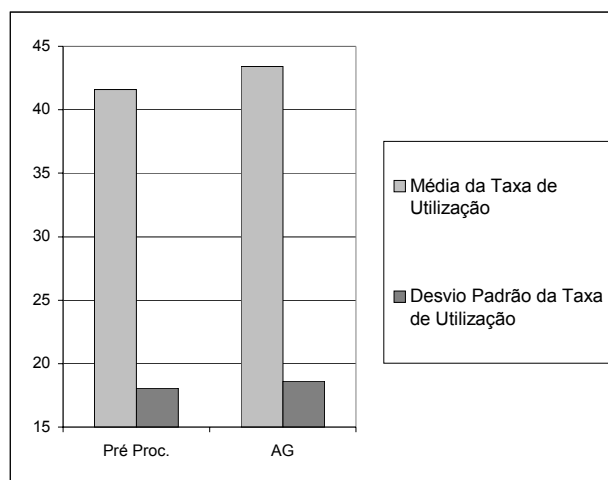


Figura 4. Número de Interseções entre Diferentes Produtos em um Duto

Com relação à taxa de utilização dos dutos, observou-se o valor obtido pelo somatório das taxas de utilização dos dutos, assim como a média e o desvio padrão destes valores, que podem ser vistos na Figura 5 (a e b, respectivamente), a seguir.



a) Somatório da Taxa de Utilização dos Dutos



b) Média e Desvio Padrão das Taxas de Utilização dos Dutos

Figura 5. Comparativo com relação à Taxa de Utilização dos Dutos

Observou-se que a solução, obtida pelo AG, apresentou uma solução com um somatório total das taxas de utilização superior, refletindo em uma maior utilização dos dutos. Resultado que pode ser verificado através da média e desvio padrão das taxas, ou seja, a solução do AG obteve maior média de utilização dos dutos e um desvio muito semelhante. Esta comparação permite observar que a solução gerada pela metaheurística apresentou um melhor aproveitamento dos dutos.

A Figura 6 apresenta o número total de violações obtidas pelas soluções geradas através da ordenação do pré-processamento e da otimização pela metaheurística, que incluem o número de atrasos e de adiantamento de produtos no destino e na origem.

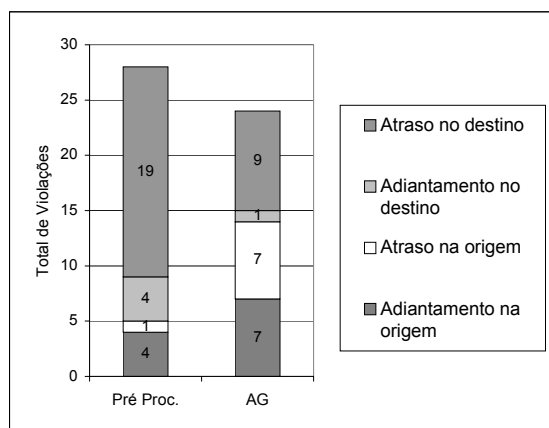


Figura 6. Número Total de Violações

Pode-se observar uma diminuição do número total de violações obtidas pela ordenação através do módulo de seqüenciamento. Embora seja desejável a inexistência de violações, observa-se a minimização das violações pela otimização do seqüenciamento de bateladas.

Pode-se observar a significativa importância da utilização dessa ferramenta de seqüenciamento, que permite obter soluções otimizadas refletindo em um resultado que apresenta uma diminuição do número total de violações, apresentando uma melhor utilização dos dutos e uma menor quantidade de interseção entre diferentes produtos num mesmo duto.

No exemplo da Figura 7, a seguir, pode-se observar o Gráfico de Gantt de duas soluções obtidas pela mesma rede, com a carteira de 76 bateladas. O primeiro gráfico foi obtido através do ordenamento fornecido pelo pré-processamento (a) e em seguida pela solução com o uso do módulo de seqüenciamento (b).

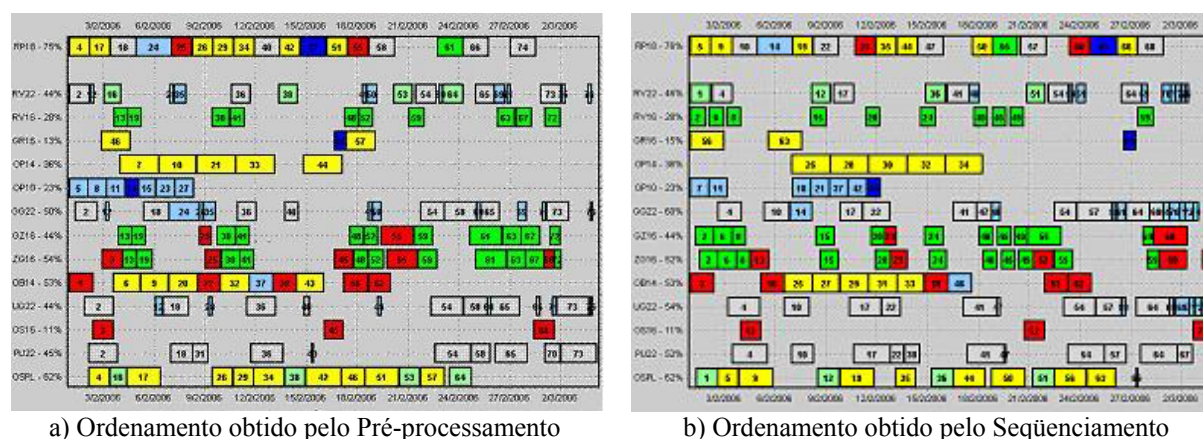


Figura 7. Gráficos de Gantt

Na Tabela 2, a seguir, tem-se os dados dos resultados obtidos no exemplo em estudo.

Tabela 2. Resultados apresentados pelas soluções geradas pela ordenação fornecida pelo Pré-processamento e pelo Seqüenciamento

Características	Pré-Processamento	Seqüenciamento
Violação	Origem: Adiantamentos: 4 Atrasos: 1 Destino: Adiantamentos: 4 Atrasos: 19 Total: 28	Origem: Adiantamentos: 9 Atrasos: 6 Destino: Adiantamentos: 2 Atrasos: 7 Total: 24

Tempo (horas)	749	742
Intersecção	77	58
Taxa de Utilização	Total: 582 Média: 41,5 Desvio Padrão:18,0	Total: 608 Média: 43,4 Desvio Padrão: 18,5

Através dos dados extraídos das soluções, pode-se observar a redução do total de violações apresentadas pela solução cuja ordenação foi otimizada. Ainda, houve uma diminuição do tempo total de *scheduling* de 7 horas e uma redução do número total de interseções entre diferentes produtos num duto. Observa-se, também, um aumento do valor da soma total da taxa de utilização dos dutos, apresentando uma média mais alta e um desvio padrão muito próximo. Sendo, assim, visível a melhora da solução obtida pelo processo de otimização do módulo de seqüenciamento.

5. CONCLUSÃO

O *scheduling* de operações de transporte de uma malha dutoviária real é um problema de grande complexidade, que engloba uma grande quantidade de variáveis de decisão, portanto, para sua resolução, é coerente a divisão do problema em módulos de otimização. O presente estudo visa obter uma melhor ordenação das bateladas, portanto objetiva otimizar o módulo de seqüenciamento das bateladas de produtos derivados do petróleo. Este engloba muitos objetivos, portanto optou-se pelo uso da otimização multiobjetivo. Essa otimização permite uma melhor resolução com o uso de técnicas metaheurísticas que trabalham com busca populacional.

Os resultados permitiram observar que a otimização do seqüenciamento resultou em melhorias nas soluções do problema de *scheduling*, apresentando um menor número de violações do problema, aumentando a taxa de utilização dos dutos e diminuindo o número de interseções entre diferentes produtos.

Assim conclui-se que a ferramenta em estudo pode representar grandes mudanças no resultado final do problema, auxiliando o especialista na tomada de decisão em programação das operações de uma malha dutoviária.

Tem-se o objetivo de continuar pesquisando possíveis melhoras para as soluções do *scheduling* e realizar um maior número de análises e comparações dos resultados alcançados.

6. AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível – ANP e da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH – ANP/MCT (PRH10 – UTFPR).

7. REFERÊNCIAS

- BLUM, C. e ROLI, A.. Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison. **ACM Computing Surveys**, v.35, n.3, p.268-308, 2003.
- BUZZO, W. R. e MOCCELLIN, J. V.. Programação da Produção em Sistemas Flow Shop utilizando um Método Heurístico Híbrido Algoritmo Genético Simulated Annealing. **Gestão & Produção**, v.7, n.3, p.364-377, 2000.
- COELLO, C. A. An Update Survey of Evolutionary Multiobjective Optimization Techniques: State of the Art and Future Trends. **Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation**, v.1, p.3-13, Washington, 1999.
- CRANE, D. S., WAINWRIGHT, R. L., SCHOENEFELD, D. A.. Scheduling of Multi-Product Fungible Liquid Pipelines using Genetic Algorithms. **Symposium on Applied Computing archive, Proceedings of the 1999 ACM symposium on Applied Computing**, San Antonio, Texas, United States, p.280 – 285, 1999.
- CRUZ, J. M., TORO, B. A., HERRÁN, A., PORTA, E. B., BLANCO, P. F.. Multiobjective Optimization of the Transport in Oil Pipelines Networks. **IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation**, v.1, p.566-573, 2003.
- GARCIA, J. M. C., MARTÍN, J. L. R., GONZÁLEZ, A. H., BLANCO, P. F.. Hybrid Heuristic and Mathematical Programming in Oil Pipelines Networks. **IEEE Congress on Evolutionary Computation**, v.2, p.1479-1486, 2004.
- KU, H. e KARIMI, I.. An Evaluation of Simulated Annealing for Batch Process Scheduling. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v.30, p.163-169, 1991.

- LÖHL, T., SCHULZ, C. e ENGELL, S.. Sequencing of Batch Operations for a Highly Coupled Production Process: Genetic Algorithms Versus Mathematical Programming. **Computers Chemical Engineering**, v.22, supl., p.579-585, 1998.
- MAGALHÃES, M.V.O.. **Refinery Scheduling**. PhD thesis, Imperial College London, London, United Kingdom, 2004.
- MAGATÃO, L.. **Programação Matemática Aplicada à Otimização das Operações de um Poliduto**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, 2001.
- MOCKUS, L. e REKLAITIS, G. V.. Continuous Time Representation in Batch/ Semicontinuous Process Scheduling: Randomized Heuristics Approach. **Computers Chemical Engineering**, vol.20, supl., p.1173-1177, 1996.
- MONTANA, D., BRINN, M., MOORE, S. e BIDWELL, G.. Genetic Algorithms for Complex, Real-Time Scheduling. **1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics**, v.3, p.2213-2218, 1998.
- REJOWSKI, R. e PINTO, J.M.. Scheduling of multiproduct pipeline system. **Computers and Chemical Engineering**, v.27, p.1229-1246, 2003.
- REKLAITIS, G. V.. Overview of Scheduling and Planning of Batch Process Operations. **NATO Conference on Batch Processing Systems Engineering**, Antalya, Turquia, 1992.
- SASIKUMAR, M., PRAKASH, P. R., PATIL, S. M. e RAMANI, S.. PIPES: A heuristic search model for pipeline schedule generation. **Knowledge-Based Systems**, v.10, p.169-175, 1997.
- SILVER, E. A.. **An Overview of Heuristic Solution Methods**. Working paper. Haskayne School of Business, University of Calgary, Out. 2002.
- STEBEL, S.. **Técnicas de Otimização Aplicadas em Problemas de Scheduling dos Recursos de Estocagem**, Tese de doutorado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, 2006.
- TANDON, M. , CUMMINGS, P. T. e LEVAN, M. D.. Scheduling of Multiple Products Units with Tardiness Penalties using Simulated Annealing. **Computers Chem. Engng.**, v.19, p.1069-1076, 1995.
- TAVARES, M.E.E.. **Análise do Refino no Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2005, Rio de Janeiro.
- WESTPHAL, H.. **Algoritmo Genético Aplicado a Otimização Multiobjetivo em Redes de Distribuição de Petróleos e Derivados**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Curitiba, 2006.
- YAMADA, T.. **Studies on Metaheuristics for Jobshop and Flowshop Scheduling Problem**. Doctor Thesis, Kyoto University, Kyoto, Japan, 2003.

BATCH SEQUENCING IN SCHEDULING USING MULTIOBJECTIVE OPTIMIZATION

This work aims to develop a metaheuristic modeling for generation of oil derivate products batches order. This model must be inserted into a tool to aid the operational decision making of the scheduling problem in a pipeline network. This scheduling problem is complex and demands much computational time, therefore it is proposed problem decomposition based on the three key elements of scheduling: assignment of resources, sequencing of activities, and determination of resource timing. This work emphasizes the sequencing block, which means the batching ordering.

The sequencing block is fed by a resources allocation block called pre-processing, which uses data from terminals and refineries, including tank farm, production and demand curves and pump flow to generate the batches that will be sequenced. And after the sequencing block there is a temporization process, which adequate the ordered batches in time, considering operational constraints, as local constraints of pumping, of receiving and horosazonality.

The purpose of this study is to get a better order that would imply in a reduction of scheduling time horizon, and also increasing the pipeline use rate, prioritizing the attendance of the products demand. Actually a specialist realizes the scheduling. This tool makes possible the analysis by the specialist, of more than a solution, showing the best alternatives of scheduling.

The batches sequencing is a multiobjective problem, which includes the production and demand forecasts, the storage, and a list of sending products priorities. The solution of a multiobjective problem is a very difficult task, due to conflicts between the objectives. Therefore it is proposed the use of genetic algorithm to solve this multiobjective optimization.

The problem's complexity and the necessity of a tool which helps the specialist in a short time makes this work have great influence on the final scheduling result, optimizing the pipeline network operations.

Scheduling, Sequencing, Genetic Algorithm, Multiobjective, Batches

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.