

Análise de estoque em diferentes cenários produtivos de dimensionamento de lotes aplicando Busca Tabu

Talita Mariana Pinho Schmidt (Universidade Federal do Paraná) talitapschmidt@gmail.com
Nathália Cristina Ortiz da Silva (Universidade Federal do Paraná) ncosilva2@gmail.com
Cassius Tadeu Scarpin (Universidade Federal do Paraná) cassiusts@gmail.com

Resumo:

Este artigo trata do problema de dimensionamento de lotes no período $T=10$, sendo que este corresponde a 5 dias com dois turnos de trabalho ao dia. Aplicou-se a meta-heurística Busca Tabu à resolução deste problema e realizou-se uma variação do estoque inicial e final no intervalo de 0 a 500. O mesmo problema foi resolvido também pelo modelo matemático, para que fosse possível comparar a solução ótima. Foram criados três diferentes cenários, variando a penalidade por atraso, custo de estoque e custo de preparação do item e analisou-se em que situações esses parâmetros podem interferir no aumento ou diminuição do custo total. A Busca Tabu atingiu as soluções ótimas para todas as variações de estoque. A partir dos três diferentes cenários foi possível verificar que quando aumenta-se o custo de estoque e penalidade, o custo total aumenta na mesma proporção. Quando ocorre variação do custo de preparação do item, ocorre mudança de comportamento no gráfico das soluções ótimas, uma vez que este tem ligação direta com a decisão de produzir ou não em cada micro período.

Palavras chave: Dimensionamento de lotes, Busca Tabu, Variação de estoques.

Stock Analysis in various production scenarios of lot-sizing applying tabu search

Abstract

This article is about the lot-sizing problem in the period $T = 10$, and this corresponds to five days with two work shifts a day. The meta-heuristic tabu search was applied to resolution of this lot-sizing problem and a variation of a initial and last stock in the range of 0 to 500. The mathematical model, to compare the optimal solution, solved the same problem also. Three different scenarios were created with variations of penalty for delay, stock cost and item preparation cost and analyzed situations where these parameters may interfere in the increase or decrease of the total cost. The Tabu Search reached the optimal solutions for all stock variations. For the three different scenarios it was found that when the stock cost and penalty increases, the total cost increases at the same proportion. When there is a variation of item preparation cost, there is a change of the graph curve of optimal solutions, so the item preparation cost has a direct connection with the decision to produce or not in each micro period.

Key-words: Lot-sizing, Tabu Search, Stock variation.

1. Introdução

As indústrias geralmente são estudadas como um sistema que transforma, via um processamento, entradas (insumos) em saídas (produtos). Este sistema é chamado sistema produtivo. Para que um sistema produtivo transforme insumos em produtos, ele precisa ser pensado em termos de prazos, em que planos são feitos e ações são disparadas com base nestes, para que, transcorridos estes prazos, os eventos planejados venham a se tornar realidade. De forma geral, pode-se dividir o horizonte de planejamento de um sistema produtivo em três níveis: o longo, o médio e o curto prazo (TUBINO D. F., 2009).

A longo prazo, os sistemas produtivos precisam montar um Plano de Produção cuja função é visualizar com que capacidade de produção o sistema deverá trabalhar para atender as especificações. Em médio prazo é desenvolvido o Planejamento Mestre da Produção, estabelecendo então um Plano Mestre de Produção (PMP). Segundo ARENALES et. al (2007), o PMP é um exemplo clássico de sistema de planejamento de quantidades de produção. Já a curto prazo, o sistema produtivo executa a Programação da Produção (TUBINO D. F., 2009). Neste sentido, de modo geral, um “bom” plano de produção é aquele que satisfaz as demandas sem atraso, respeita capacidade dos recursos disponíveis e minimiza custos.

Dentre as tomadas de decisões envolvidas, sendo estas a curto, médio e longo prazo, está a de estocar ou não certo produto por certo tempo, de acordo com os custos relacionados. O uso de estoques, seja de segurança ou de cobertura para atender à demanda média durante o lead time é extremamente importante porque possibilita um melhor nível de atendimento ao cliente e melhora a competitividade da empresa em relação aos concorrentes. No entanto, segundo Lenard e Roy (1995), a otimização do fluxo em uma organização é de vital importância, pois os estoques podem representar grande parte dos seus custos logísticos. Além disso, a produção tem um ritmo que não deve ser interrompido e o custo de manutenção dos estoques representa capital parado, que poderia estar sendo usado para outros fins.

Diante deste contexto, este artigo tem como objetivo resolver um problema de planejamento da produção referente ao dimensionamento de lotes, com a função objetivo de minimizar custos. O modelo matemático será resolvido analisando demanda, custo de estoque, custo de preparação do item, decisão de produzir ou não em cada micro período e penalidade por atraso. O mesmo problema será resolvido utilizando a meta-heurística Busca Tabu (BT) e a solução será comparada à solução ótima obtida através do modelo matemático exato, testando então a eficiência desta meta-heurística para este tipo de problema. A partir destes resultados será realizada uma análise da variação de estoque inicial e final, de acordo com três diferentes cenários para as duas soluções, visando à minimização dos custos totais em diferentes situações dentro da indústria.

2. Revisão da Literatura

2.1 Dimensionamento de lotes

O problema de dimensionamento de lotes consiste em planejar a quantidade de itens a ser produzida em várias (ou única) máquinas, em cada período ao longo de um horizonte de tempo finito, de modo a atender a demanda, sujeito a restrições de limitação de capacidade, tendo como objetivo otimizar uma função, que pode ser, minimizar custos (ARENALES M. et al., 2000).

2.2 Busca Tabu

Meta-heurísticas são técnicas usadas em situações que podem ser modeladas como problemas de maximizar (ou minimizar) uma função cujas variáveis tem certas restrições. A meta-heurística Busca Tabu (BT) foi inicialmente desenvolvida por Glover (1986) como uma proposta de solução para problemas de programação inteira. A partir de então, o autor formalizou esta técnica e publicou uma série de trabalhos contendo diversas aplicações da mesma. A experiência tem mostrado a eficiência da Busca Tabu na resolução de vários problemas de diferentes naturezas (GLOVER F., et. al., 1993) e atualmente pode-se afirmar que se trata de uma técnica definitivamente consolidada.

A busca tabu é uma meta-heurística baseada na noção de vizinhança, que guia um algoritmo de busca local na exploração contínua dentro de um espaço de busca. Diferente do que pode vir a ocorrer com outros procedimentos, a BT não é confundida pela ausência de vizinhos aprimorantes. Isso significa que o método evita retornar a um ótimo local visitado previamente, de forma a superar a otimalidade local e atingir um resultado ótimo ou próximo ao ótimo global (GLOVER F., et. al., 1997).

Partindo de uma solução inicial, que pode ser escolhida de acordo com algum dentre os vários critérios possíveis, a busca move-se, a cada iteração, para a melhor solução na vizinhança, não aceitando movimentos que levem a soluções já visitadas por permanecerem armazenadas em uma lista tabu. A lista permanece na memória guardando soluções já visitadas (tabu), durante um certo número de iterações (prazo tabu). (GLOVER F., et. al., 1997). Outra importante característica do método é que a solução final tem pouca ou nenhuma dependência da escolha feita para a solução inicial. Isso graças aos mecanismos implementados pelo método, que fogem de ótimos locais.

Esta meta-heurística requer a definição dos seus principais componentes, tais como o tipo de movimento que gera a vizinhança, o método de seleção da próxima solução, a característica a ser armazenada de cada solução, a regra de proibição, o número de iterações durante as quais um atributo continua proibido, o critério de liberação da proibição tabu e o critério de parada (WHITE et al., 2004).

2.3 Critério de Boltzmann

O critério de Boltzmann é utilizado como um critério de aspiração na resolução da metaheurística Simulated Annealing, que consiste em reproduzir o fenômeno físico do recozimento de metais, no qual o sólido cristalino é aquecido, e depois resfriado lentamente, até que se alcance o seu estado de energia mínima (HENDERSSON et al., 2003). O estado de mínima energia é obtido somente se a temperatura máxima (ou inicial) é suficientemente elevada e se o processo de resfriamento ocorre lentamente, uma vez que o fator redução desta deve estar entre 0,8 e 0,99.

No processo de resfriamento é realizada comparação entre o valor da função objetivo da solução perturbada com o valor da solução atual. Caso a solução perturbada obtenha valor melhor que a solução atual, esta passa a ser a solução atual e então a partir dela serão realizadas novas perturbações. Caso esta solução obtenha valor pior, ela ainda pode ser aceita pelo critério de Boltzmann, evitando que estagne-se em ótimos locais. Esta solução é avaliada pela fórmula $e^{-\Delta/kT}$ em que Δ representa a diferença entre a solução perturbada e a solução atual, k é a constante de Boltzmann e T a temperatura. O processo de avaliação do critério de Boltzmann se inicia com a geração de um valor randômico, o qual pode ser fixo ou variável. Se esse valor randômico for menor do que o calculado pelo critério de Boltzmann, a solução perturbada deve ser aceita e, mesmo que seu valor seja pior que o encontrado anteriormente,

ela deve ser a nova solução corrente. Se o valor do critério de Boltzmann não for aceito, a solução perturbada é descartada e a solução corrente atual continuará a ser a geratriz das novas perturbações (LAARHOVEN, P. et al., 1987).

A fase de geração de soluções se encerra quando: ou um número de perturbações é atingido, ou um determinado número de sucessos, que corresponde ao número de vezes que a solução perturbada avaliada foi aceita. Sendo que estes dois são os critérios de parada.

Faigle e Kern (1992) provaram a convergência do algoritmo Busca Tabu utilizando métodos desenvolvidos para o Simulated Annealing, propondo um algoritmo particular chamada probabilística busca tabu como uma metaheurística para auxiliar na orientação do Simulated Annealing. Na busca tabu probabilística as probabilidades de gerar soluções novas e aceitar “soluções candidatas” são definidas como funções quanto à um parâmetro de temperatura (como no simulated annealing), e as informações obtidas em iterações anteriores (como na busca tabu) (HENDERSSON et al., 2003).

2.4 Gestão de Estoque

Segundo Rosa et. al. (2010), a gestão de estoque percorre as tomadas de decisão em muitas organizações, sendo um tema bastante abordado no meio acadêmico e empresarial.

A maior preocupação das empresas em relação à gestão de estoque está relacionada à necessidade de se garantir a maior disponibilidade de produto ao cliente final, com o menor custo possível, dada a pressão competitiva dos mercados (WANKE, P., 2012). No entanto, manter estoque também resulta em custos para a organização, o custo de manter em estoque está relacionado à armazenagem, seguro, deterioração, obsolescência e oportunidade de empregar dinheiro em investimentos. Existe também o custo associado à falta de estoque, sendo estes então diretamente ligados ao nível de serviço atingido.

Diante deste contexto, uma empresa que possui um gerenciamento eficiente de estoques, balanceia a disponibilidade de produto, o nível de serviço e os custos de manutenção (KREVER et al., 2003).

3. Metodologia

3.1 Modelo Matemático

O problema de dimensionamento de lotes abordado neste artigo envolve um único item, sem restrição de capacidade, em que a demanda pode ser atendida com atraso, sendo assim, atribui-se uma penalidade δ por unidade de demanda não atendida no período t .

Considere os seguintes parâmetros:

dt = demanda no período t ;

s = custo de preparação do item;

h = custo unitário de estoque;

δ = penalidade por unidade de demanda não atendida;

Considere também as seguintes variáveis:

x_t = quantidade do item produzida no período t ;

I_t^+ = estoque do item no fim do período t ;

I_t^- = falta (demanda não atendida) no período t ;

$y_t = \begin{cases} 1 & \text{se o item é produzido no período } t; \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

A função objetivo, junto às restrições do modelo estão representadas nas equações de (01) a (06).

$$\min \sum_{t=1}^T (sy_t + hI_t^+ + \delta I_t^-) \quad (01)$$

$$I_t^+ - I_t^- = I_{t-1}^+ - I_{t-1}^- + x_t - d_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (02)$$

$$I_0^+ = I_0^- = 0, \quad I_T^+ = I_T^- = 0 \quad (03)$$

$$x_t \leq (\sum_{\tau=1}^T d_\tau) y_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (04)$$

$$I_T^+ - I_0^+ + \sum_{t=1}^T x_t = \sum_{t=1}^T d_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (05)$$

$$x \in R_+^T, I^+ \in R_+^T, I^- \in R_+^T, y \in B^T \quad (06)$$

O modelo exposto tem como função objetivo minimizar o custo total de produção do item durante o período total. É permitido atraso, podendo haver demanda não atendida em certos micro períodos como também pode-se estocar em alguns períodos, uma vez que, deve-se analisar o que minimizaria o custo total. Os fatores a serem analisados neste caso são: a decisão de produzir ou não no micro período t , produzir no micro período anterior mantendo assim um estoque para o próximo e gerando custo de estoque ou então não produzir em algum micro período, gerando atraso e consequentemente penalidade.

3.2 Aplicação da Busca Tabu ao modelo

Para que fosse possível programar este modelo aplicando a BT em sua resolução, fez-se necessária a criação de regras e aplicação de um critério de aspiração. Considerou-se todos os parâmetros utilizados no modelo matemático e, além disso, uma solução inicial factível foi gerada para o problema.

A solução inicial S_0 foi gerada aleatoriamente, em forma de vetor para apenas um item a ser produzido de acordo com a variável y_t , que significa a decisão de produzir ou não um item no período t . A partir desta S_0 , as trocas com a vizinhança foram realizadas em uma posição para cada iteração. A Figura 1 explica mais detalhadamente este procedimento.

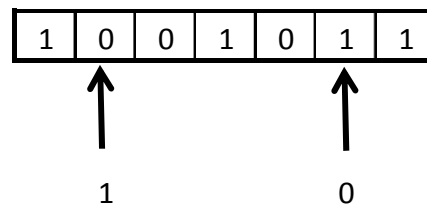


Figura 1 – Procedimento de troca adotado para programar o modelo para BT. Fonte: Os autores (2015).

A partir da solução inicial S_0 , gerou-se aleatoriamente um vetor com as quantidades produzidas em cada micro período t , considerando que ao final dos t períodos a distribuição

da quantidade produzida em todos esses períodos somada com a variação dos estoques totalize o valor da demanda total de produção. Com base nessas informações iniciais, inicializa-se o processo da busca tabu, calculando-se a função objetivo a cada iteração, até que a meta-heurística atinja um valor ótimo global ou próximo deste.

Para que este processo aconteça de forma efetiva é necessário utilizar um critério que avalie as soluções “piores” que as anteriormente encontradas, evitando assim que se estagne em um ótimo local. Sendo assim, estabeleceu-se um Critério de Convergência Tabu baseado no Critério de Boltzmann, que ocorre conforme supracitado na sessão de revisão da literatura.

Adaptando-se a fórmula da temperatura inicial de Laarhoven et al. (1987), calculou-se o parâmetro de controle inicial (α_0), para que a partir deste decorresse as iterações.

Utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\alpha_0 = -f(S_0)/\ln \xi_0 \quad (07)$$

Em que:

$f(S_0)$: valor da função objetivo para a solução inicial randômica;

ξ_0 : valor empírico de referência, geralmente dado por 0,8.

O parâmetro de controle inicial encontrado foi de $\alpha_0 = 1529060$, e a cada iteração este diminui de forma gradativa, sendo esta diminuição de 5%.

A regra de rateio foi estabelecida de acordo com as possibilidades de atraso ou estocagem, e então é necessário que seja avaliado o que gera custo menor, analisando o custo de estoque e a penalidade por atraso. Sendo assim, pode ser que não se produza em alguns períodos, produzindo uma quantidade maior que a demanda em outros. Portanto, verifica-se a cada iteração qual é a melhor opção em cada caso.

Quando o custo de ruptura é maior ou igual ao custo de estoque, prefere-se que a redistribuição da quantidade produzida seja feita da seguinte forma:

a) Quando um item deixa de ser produzido em um período, a quantidade produzida neste período passa a ser produzida antes, quando possível. Caso não exista um item sendo produzido nos períodos anteriores, a quantidade é produzida, então, em um período posterior ao período da troca.

b) Quando um item passa a ser produzido em um período, a quantidade que será produzida neste período é dada pelo valor de um próximo período que possui uma quantidade maior do que a sua própria demanda, sendo que este valor é a diferença entre a quantidade produzida neste período e a sua demanda e o mesmo passa a ter a quantidade produzida igual a demanda própria. Caso não exista um item sendo produzido nos períodos seguintes, a quantidade é trazida, então, de um período anterior ao período da troca.

De modo análogo, obtém-se uma redistribuição quando o custo de ruptura é menor do que o custo de estoque.

A partir das trocas realizadas e da redistribuição ocorrida através da regra de rateio, recalcula-se a função objetivo e em seguida a mesma é analisada conforme supracitado na seção 2.3, e as soluções escolhidas vão para a lista tabu. As trocas permanecem nesta lista por apenas uma iteração.

4. Resultados e Discussões

O modelo matemático foi codificado na linguagem *Visual Basic Studio 2012* em conjunto com o software de otimização *CPLEX versão 12.4*. O modelo em que se aplicou a Busca Tabu foi codificado na linguagem *Visual Basic Studio 2012*. Os testes computacionais foram realizados em um computador com processador Intel® Core™ i5 3227 U 1.9 GHz, com 4 GB de RAM.

Em ambos considerou-se o período $T=10$, totalizando 5 dias com 2 turnos de trabalho ao dia. Tanto o estoque inicial quanto o final foram variados em um intervalo de 0 a 500 e foram realizadas 1000 iterações para cada uma destas variações.

4.1 Resultados Computacionais e Análise

Em todas as variações de estoque realizadas a Busca Tabu atingiu a mesma solução ótima encontrada no modelo matemático. Além das variações de estoque, foram criados três diferentes cenários variando também o custo de estoque e penalidade por atraso.

Sendo estes:

Cenário 1: Custo de preparação do item (s)=100

Penalidade por atraso (δ)=100

Custo de estoque (h)=100

A Tabela 1 e Figura 2 representam os resultados referentes a este cenário. O eixo x representa o estoque inicial, o eixo y estoque final e as respostas são as soluções ótimas dadas pela meta-heurística e pelo modelo matemático.

x/y	0	100	200	300	400	500
0	1000	11000	21000	31000	41000	51000
100	1000	11000	21000	31000	41000	51000
200	900	10900	20900	30900	40900	50900
300	15800	25800	35800	45800	55800	65800
400	37700	47700	57700	67700	77700	87700
500	71600	81600	91600	101600	111600	121600

Fonte: Os autores (2015)

Tabela 1 – Solução ótima quanto às variações de estoque: Cenários 1.

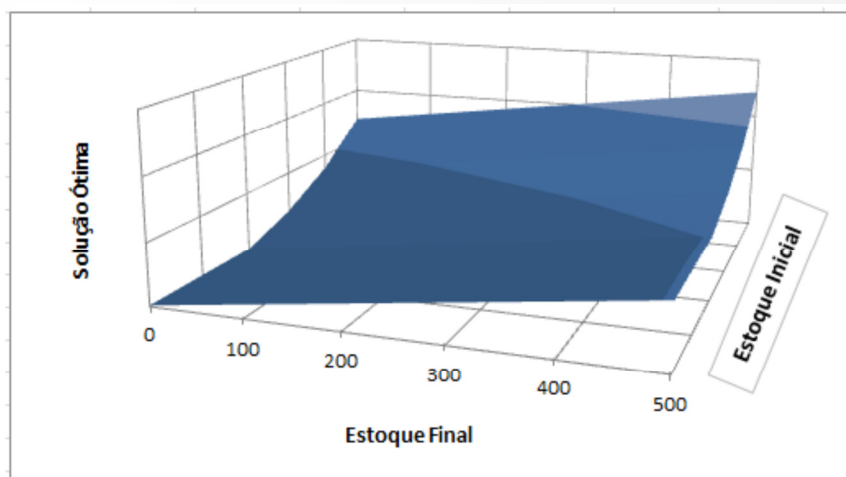


Figura 2 – Gráfico das soluções ótimas encontradas para as variações de estoque do cenário 1. Fonte: Os autores (2015).

Cenário 2: Custo de preparação do item (s)=100
Penalidade por atraso (δ)=1000
Custo de estoque (h)=1000

x/y	0	100	200	300	400	500
0	1000	101000	201000	301000	401000	501000
100	1000	101000	201000	301000	401000	501000
200	900	100900	200900	300900	400900	500900
300	150800	250800	350800	450800	550800	650800
400	370700	470700	570700	670700	770700	870700
500	710600	810600	910600	1010600	1110600	1210600

Fonte: Os autores (2015)

Tabela 2 – Solução ótima quanto às variações de estoque: cenário 2.

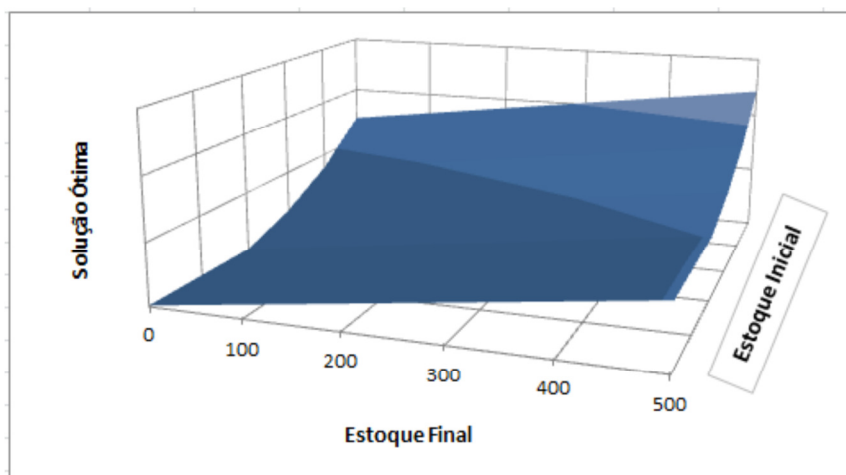


Figura 3 – Gráfico das soluções ótimas encontradas para as variações de estoque do cenário 2. Fonte: Os autores (2015).

Cenário 3: Custo de preparação do item (s)=10000
Penalidade por atraso (δ)=100
Custo de estoque (h)=100

x/y	0	100	200	300	400	500
0	88000	98000	108000	118000	128000	138000
100	88000	98000	108000	118000	128000	138000
200	78000	88000	98000	108000	118000	128000
300	88000	98000	108000	118000	128000	138000
400	98000	108000	118000	128000	138000	148000
500	122000	132000	142000	152000	162000	172000

Fonte: Os autores (2015)

Tabela 3 – Solução ótima quanto às variações de estoque: cenários 3.

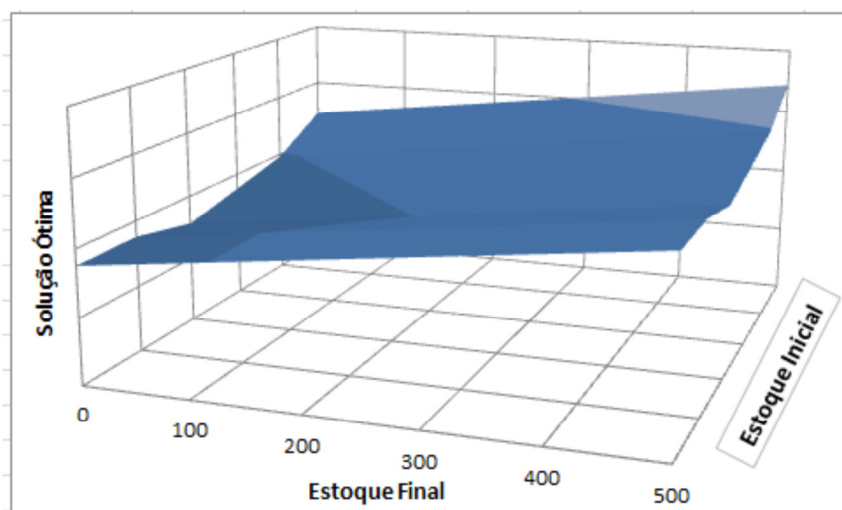


Figura 4 – Gráfico das soluções ótimas encontradas para as variações de estoque do cenário 3. Fonte: Os autores (2015).

No cenário 1 todos os parâmetros referentes à função objetivo possuem o mesmo custo. Já no cenário 2, houve um aumento do custo de estoque e da penalidade por atraso, sendo estes na mesma proporção. Enquanto no cenário 3, os custos de estoque e penalidade permaneceram iguais ao cenário 1 e o custo de preparação do item aumentou expressivamente.

No segundo cenário, o custo de estoque e penalidade quando comparado ao primeiro é 10 vezes maior. Esta variação fez com que as soluções encontradas também aumentassem na mesma proporção, porém o gráfico gerado por estas manteve o mesmo comportamento.

No cenário 3 o parâmetro de custo de preparação do item recebeu um acréscimo alto em relação ao seu valor anterior, e os outros parâmetros se mantiveram conforme o cenário 1. Como pode ser observado, este cenário gerou um gráfico com comportamento diferente dos demais.

Em relação aos dois primeiros cenários de acordo com a variação dos estoques iniciais e finais, quando ambos são iguais a zero, não existem atrasos e não há estocagem, uma vez que se produz em todos os períodos a quantidade necessária para atender a demanda. Já quando o estoque inicial é diferente de zero, é produzido apenas o que é necessário para atender a demanda total, podendo não ocorrer produção em certos períodos uma vez que se tem estoque de segurança. Sendo assim, dentre todas as variações de estoque possíveis, a que gera custo total menor é quando se tem o estoque inicial igual a demanda do primeiro período e estoque final igual a zero. No caso em que o estoque final é diferente de zero, o valor que se deseja estocar é produzido apenas no último micro período.

Quando há uma grande variação do custo de preparação do item, como no cenário 3, pode-se encontrar casos em que existem atrasos e estocagem, uma vez que este custo influencia diretamente na decisão de produzir ou não em cada micro período, sendo que esta varia de acordo com as demandas. Neste caso, a solução de menor custo também é quando se tem estoque inicial igual a demanda 1 e estoque final zero.

5. Considerações finais

Foi resolvido neste artigo um problema de dimensionamento de lotes por meio de um modelo matemático exato e através da meta-heurística de vizinhança Busca Tabu. Com base na comparação realizada entre os métodos acima, verificou-se a eficiência da Busca Tabu para este tipo de problema, uma vez que a solução ótima foi atingida em todas as variações de estoque.

No primeiro cenário, observou-se que quando se tem o mesmo custo de estoque, penalidade por atraso e preparação do item, não gerou-se atraso e estoque, uma vez que se produz em todos os micro períodos a quantidade necessária para atender a demanda deste. Já quando aumentou-se o custo de estoque e penalidade, o valor da função objetivo aumentou na mesma proporção destes.

No entanto, quando o custo de preparação do item teve um acréscimo considerável e os outros parâmetros foram mantidos como no cenário 1, houve mudança de comportamento no gráfico. O que indica que de acordo com o produto a ser fabricado, o custo de preparação e estocagem está diretamente relacionado à decisão de produzir, manter estoque de segurança ou atrasar a produção em determinada situação, sendo neste último caso preferível pagar penalidade quando esta não for tão alta se comparada aos outros custos.

Referências

- ARENALES, M.; ARAUJO, S.**; *Problema de Dimensionamento de Lotes Monoestágio com Restrição de Capacidade: modelagem, método de resolução e resultados computacionais*. Pesquisa Operacional vol.20 no.2 Rio de Janeiro, 2000.
- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H., H.** *Pesquisa Operacional*. Editora Campus/Elsevier, Rio de Janeiro, 2007.
- BAHL, H.C.; RITZMAN, L.P.; GUPTA, J.N.D.** *Determining Lot Sizes and Resource Requirements: A Review*. Operational Research Society of America, 35(3), p.329-345, 1987.
- FAIGLE, U.; KERN, W.** *Some convergence results for probabilistic tabu search*. ORSA Journal on Computing, 4, 32-37, 1992.
- GLOVER, F.; LAGUNA, M.** *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- GLOVER, F.; LAGUNA, M.** *Tabu Search, Part II*. ORSA Journal on Computing 2, 1993.
- HENDERSSON, D.; JACOBSON, S.H.; JOHNSON, A.W.** *The theory and practice of Simulated Annealing*. Operations Research and Management Science, Vol. 57, 287-319, 2003.
- KREVER, M.; WUNDERINK, S.; DEKKER, R.; SCHORR, B.** *Inventory control based on advanced probability theory, an application*. European Journal of Operational Research, v. 162, n. 2, p. 342-358, 2003.
- LAARHOVEN, P.J.M Van.; AARTS, E.H.L.** *Simulated Annealing: Theory and Applications*. 1987.
- LENARD, J. D.; ROY, B.** *Multi-item inventory control: A multicriteria view*. European Journal of Operational Research, v. 87, p. 685-692, 1995.

ROSA, H.; MAYERLE, S. F.; GONÇALVES, M. B. *Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação.* Produção, v. 20, n. 4, dez. 2010.

TUBINO, D. F. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática.* São Paulo Atlas, 2009.

WANKE, P. *Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens.* Gestão e Produção, v. 19, n. 4, p. 677-687. São Carlos, 2012

WHITE, G. M.; XIE, B. S.; ZONJIC, S. *Using tabu search with longer-term memory and relaxation to create examination timetables.* European Journal of Operational Research, v. 153, p. 90-91, 2004.