

AUMENTO DE PRODUTIVIDADE NA PRODUÇÃO DE INSUMOS FARMOQUÍMICOS UTILIZANDO TEORIA DAS FILAS

Ricardo Tambellini Veiga

Resumo:

A Teoria das Filas têm auxiliado no entendimento de várias operações presente no cotidiano de todos, possibilitando o aumento da eficiência da atividade estudada. No setor Farmoquímico brasileiro os processos de produção são realizados em forma de campanha devido à escassez das utilidades disponíveis. Com base nesta informação pode-se prever que o acréscimo de tempo de produção de um Insumo Farmoquímico impacta diretamente na produtividade, bem como no atendimento da demanda, pois as operações tornam-se sequenciais. Com o uso dos conceitos da Teoria das Filas foi possível identificar os gargalos de produção de um insumo e aumentar sua produtividade não impactando no estudo de estabilidade do item e respeitando os conceitos das Boas Práticas de Fabricação.

Palavras chave: Insumo Farmoquímico, Teoria das Filas, Produtividade.

Increased Productivity in Productions of Pharmochemical Supplies Using Queuing Theory

Abstract

The Queuing Theory have aided in the understanding of several present in all everyday operations, enabling increased efficiency of the activity studied. In Brazilian pharmochemical industry production processes are conducted in the form of campaign due to the scarcity of available utilities. Based on this information we can predict that the increase in production time of a pharmochemical Input directly impacts the productivity as well as in meeting demand, as operations become sequential. With the use of the concepts of Queuing Theory was possible to identify production bottlenecks of an input and increase your productivity with no impact on the study of stability of the item and respecting the concepts of Good Manufacturing Practices.

Key-words: Pharmochemical Supply, Queuing Theory, Productivity

1. Introdução

O aprofundamento da concorrência global, ampliado pela crise econômica internacional, tem promovido intensa transformação nas estratégias, métodos e processos das empresas. A globalização resultou numa nova organização da produção industrial face ao rigor dos consumidores.

No setor de medicamentos este cenário não é diferente. Novas moléculas e principalmente a concorrência dos fornecedores Indianos e Chineses têm impactado diretamente no custo dos medicamentos. A quase totalidade dos custos recai na obtenção do insumo farmoquímico (IFA) ou popularmente conhecido como princípio ativo. Isso se deve ao elevado nível de investimentos que são necessários para se obter um IFA, desde sua concepção até sua produção.

Segundo a Fiocruz (2005), em torno de 80% dos medicamentos consumidos no mundo são obtidos de forma sintética.

No entanto, a produção de insumos farmoquímicos requer o desenvolvimento de mão de obra especializada, bem como métodos que permitam produzir de forma economicamente viável e competitiva no mercado globalizado.

Antes de iniciar a produção de um insumo farmoquímico, a seleção da rota sintética é uma atividade fundamental do desenvolvimento do processo. A opção pela rota sintética é mais complexa do que simplesmente escolher a rota com menor número de passos de reação ou com o menor custo da matéria-prima. As decisões tomadas nesta fase de desenvolvimento vão impactar na economia do projeto, segurança e operacionalidade do processo por vários anos. Alguns dos fatores que devem ser considerados são: rendimento químico, custo de matéria-prima e disponibilidade, processo de operacionalidade e robustez, saúde ambiental e segurança.

Para tornar a produção economicamente viável é necessário um constante ajuste nos processos de síntese, permitindo assim que o ciclo de vida do produto possa ser estendido ao máximo. Neste contexto a teoria das filas se torna uma importante ferramenta, permitindo em alguns casos o aumento de produtividade e por consequência a redução de custos sem alteração na rota sintética.

2. Objetivo

Demonstrar o uso da teoria das filas como ferramenta para o aumento de produtividade na produção de insumos farmoquímicos.

3. Procedimento Metodológico

Para o desenvolvimento deste trabalho propõe-se que sejam seguidas as etapas abaixo:

- a) Eleger um insumo farmoquímico que terá seu processo de produção estudado;
- b) Elaborar seu fluxo de produção;
- c) Medir os tempos de cada etapa;

- d) Simular o processo versus tempo para processamento da demanda;
- e) Identificar os gargalos;
- f) Propor melhorias no processo;
- g) Simular o processo após a melhoria versus tempo para processamento da demanda;
- h) Avaliar a produtividade após a melhoria.

4. Referencial Teórico

4.1 Teoria das filas

De acordo com Mendes (2008) “a teoria de filas é um modelo de simulação proveniente da pesquisa operacional que modela probabilisticamente os sistemas clientes / fila / servidor, conforme esquematizado na figura a seguir.”

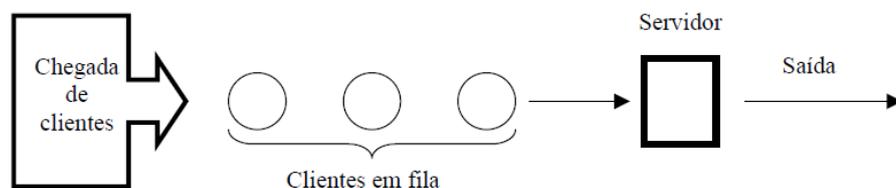


Figura 1 – Exemplo de Teoria das Filas

De acordo com Botter (2004), fila é definida como “a espera de pessoas, veículos ou qualquer outro elemento (clientes), que ao buscarem serviço num ou em vários postos de atendimento (servidores), não podem ser atendidos no momento que chegam, pois todos os postos disponíveis estão ocupados”.

A teoria de filas se ocupa com a elaboração e solução de modelos matemáticos que representem os processos de fila, com a finalidade de obter estimativas de boa qualidade para parâmetros importantes do processo, tais como tempo médio de espera, tempo médio de permanência no sistema, número médio de elementos no sistema e na fila, e outras características menos agregadas, como distribuição do tempo de espera e distribuição do número de clientes no sistema.

Com essas estimativas podem-se dimensionar as filas e os postos de atendimento (servidores) como em sistemas como aeroportos, terminais portuários, agências bancárias, sistemas de logística industrial e de distribuição e os mais diversos sistemas que apresentam o formato clientes / fila / servidor.

4.2 Insumos farmoquímicos

Os produtos químicos que apresentam atividade farmacológica são denominados Insumos Farmoquímicos (IFA).

Os IFAs podem ser obtidos de diferentes formas. Entre as principais destacam-se:

- a) Extração;
- b) Processos Biotecnológicos;
- c) Síntese Química.

Para este trabalho será utilizado um insumo farmoquímico de origem sintética.

4.3 Produtividade

Sendo o objeto de análise um sistema de produção, isto é, um sistema de transformação de um conjunto de entradas em um conjunto de saídas, Muscat (1987) recomenda para análise de sua produtividade a explicitação de seus elementos físicos, cujas categorias mais importantes são as matérias-primas, os equipamentos, a mão-de-obra e os produtos resultantes. Um esquema do sistema de produção com seus elementos físicos pode ser visto na Figura 2.

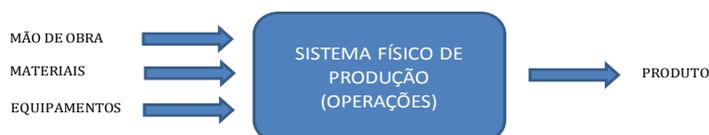


Figura 2 – Esquema de um sistema físico de produção (fonte: MUSCAT 1987)

4.4 Gargalo

“Os "gargalos" são todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção. E por capacidade final de produção devemos entender a quantidade de produtos disponibilizados ao consumidor final em um determinado intervalo de tempo.

Para exemplificar, imaginemos uma indústria cujo setor de manufatura tenha capacidade para produzir mil unidades por hora de um determinado produto. Se o setor de embalagem dessa mesma indústria for capaz de embalar apenas oitocentas unidades por hora, teremos aí um gargalo, uma vez que a linha de produção não poderá trabalhar com sua capacidade total, pois o setor seguinte não é capaz de embalar todas as peças. Ou então, caso a produção das mil unidades seja mantida, será necessário estocar produtos não embalados, o que significará custos para a empresa.

Da mesma forma, se o setor de embalagens fosse dimensionado para embalar duas mil unidades, mas a manufatura só tivesse capacidade para mil, teríamos aí outro gargalo, desta vez no setor anterior. Isso resultaria em ociosidade no setor seguinte, o que significa capital subutilizado e, conseqüentemente, aumento da parcela dos custos fixos diluída em cada produto” (MAROUELLI, 2008).

5. Desenvolvimento

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria farmoquímica nacional localizada no interior de São Paulo. A empresa atua no ramo de pesquisa e produção de diversos medicamentos, dentre os quais pode se destacar os analgésicos, anestésicos, antipsicóticos e antirretrovirais entre outros.

A demanda de produção na unidade fabril pesquisada varia de acordo com a aplicabilidade do produto e de sua potência. Exemplificando, pode-se ter uma demanda anual em torno de 50 gramas para o caso de alguns analgésicos opióides onde a dosagem máxima é em torno de 25 mg/dia (ex: Citrato de Sufentanila), e em outros casos ser de 25.000 Kg onde a dosagem gira em torno de 1200mg/dia (exemplo: Zidovudina). O lay out de produção da empresa é subdividido em boxes. Cada box é independente e possui entre dois e três reatores e uma centrífuga. Para a secagem, os produtos são distribuídos de acordo com o peso entre três equipamentos. Logo abaixo segue um diagrama típico de uma etapa de produção de um insumo farmoquímico:

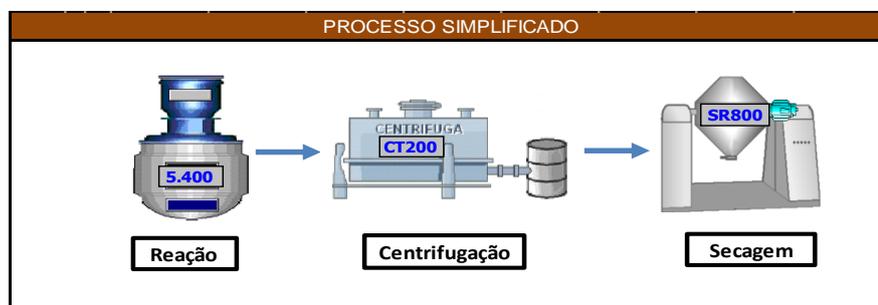


Figura 3: Exemplo simplificado de processo

Após a produção de cada lote é necessária a limpeza de todos os equipamentos, o que pode-se caracterizar como o set up. Devido a necessidades regulatórias, análises são realizadas a fim de comprovar a completa eliminação de resíduos do lote anteriormente produzido, o que eleva o tempo total entre uma produção e outra para cerca de 18 horas.

Sabendo-se que o processo foi validado, atribuiu-se a média aritmética dos valores históricos por considerar a pouca variabilidade entre os lotes produzidos.

Na etapa a ser estudada, utiliza-se reator vitrificado com capacidade de 5.400 litros, centrífuga de 200 Kg e secador com capacidade máxima de 800 Kg. O box ainda conta com a disponibilidade de utilização de mais um reator vitrificado de 3.600 litros, salientando que o box não é dedicado, ou seja, outros insumos concorrem durante o ano.

Para o estudo foi eleita a produção de um antirretroviral que tem a demanda de 10.000 Kg/ano. O processo total é constituído em 4 etapas, porém apenas a última etapa de síntese será avaliada. Por se tratar de sigilo industrial, o nome do medicamento, bem como o nome dos reagentes foram omitidos.

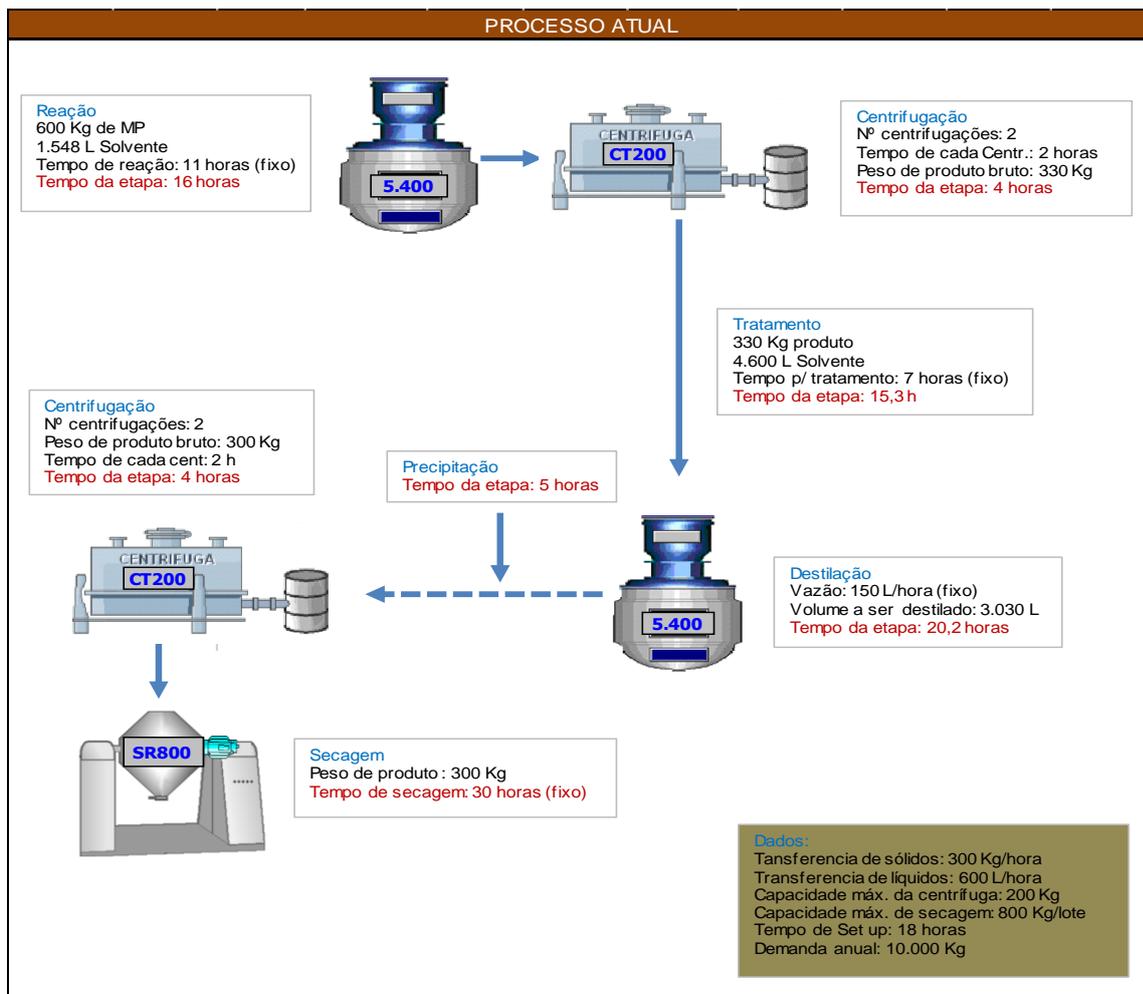


Figura 4: mapa de produção atual

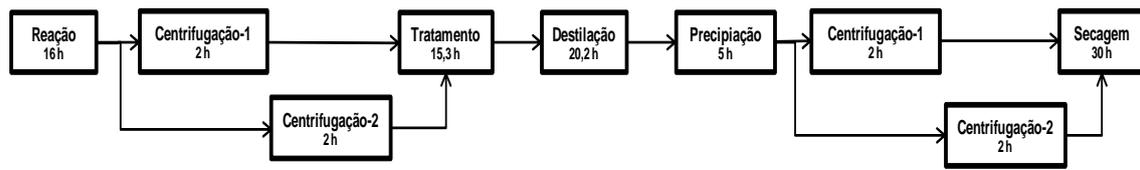


Figura 5: diagrama de produção atual

5.1 Gargalos e capacidade de produção:

Segundo Maroueli (2008), “gargalos” são todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção. Já a capacidade de produção deve ser entendida como a quantidade de produtos disponibilizados ao consumidor final em um determinado intervalo de tempo. O gargalo significa a geração de ociosidade de uma ou mais partes de um sistema, o que adiciona a cada unidade dos produtos maior parcela dos custos fixos.

O maior nível de ociosidade ocorre quando o gargalo se localiza próximo ao input, ou seja, no início da produção, pois todas as fases seguintes do sistema ficam comprometidas. Por outro lado, quando a ociosidade do sistema ocorrer mais próximo ao output (saída), mais prejudicial ela será. Isto porque, avançando dentro do sistema produtivo, teremos também a agregação dos custos variáveis, ou seja, aqueles que só existem com a produção. Neste caso, o bem foi produzido, houve gasto de matéria prima, adição de mão-de-obra e outros recursos, mas, devido ao gargalo na saída, não houve geração de receita com a venda.

Após avaliação do processo, identificou-se que o gargalo do processo está na capacidade de cada equipamento. Para a reação, tratamento e destilação deve-se respeitar o volume máximo de 5.400 litros. Já a etapa de centrifugação tem a limitação de 200 Kg por operação, enquanto que a secagem tem a limitação de 800 Kg. De posse destas informações pode-se prever que o tamanho máximo do lote é de 300 Kg de IFA, pois durante as etapas de tratamento e destilação o volume de 5400 L já é atingido, impedindo o aumento de escala (vide figura 4).

Caracteriza-se como um lote de insumo farmoquímico o montante de material reunido durante uma operação unitária onde há que se caracterizar a homogeneidade do insumo produzido. No caso do processo estudado o lote é definido durante a secagem e portanto caracteriza-se esta etapa como sendo o ponto determinante para o aumento do tamanho do lote.

A partir deste ponto pode-se prever que o tamanho máximo do lote a ser produzido pode ser de 800 Kg. Com este valor definido pode-se propor o aumento de escala a fim de eliminar a ociosidade durante as demais fases do processo.

5.2 Proposta de melhoria:

A partir da definição do tamanho do lote, a estrutura abaixo foi proposta a fim de obter a mínima ociosidade na utilização dos equipamentos.

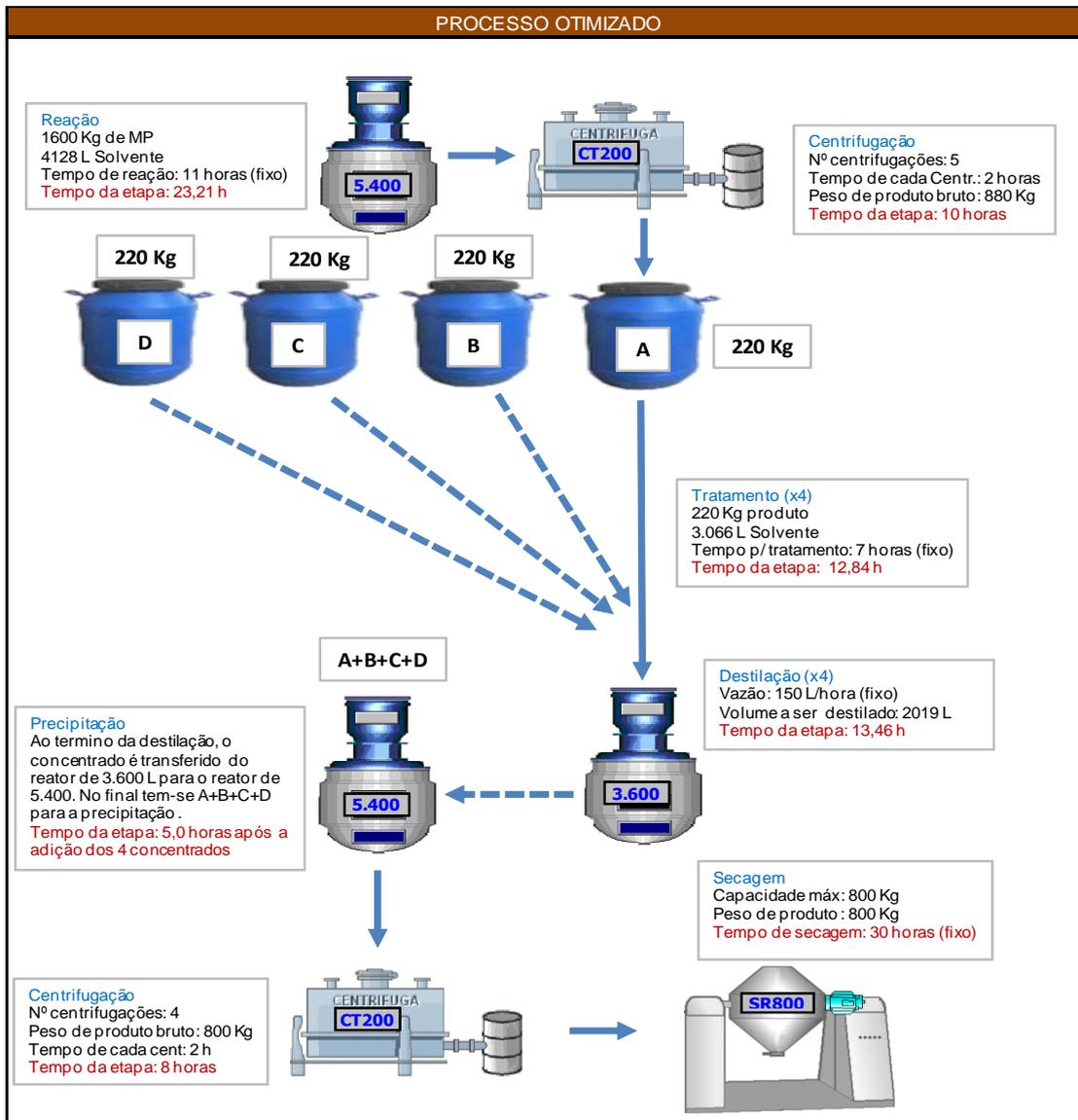


Figura 6 - mapa de produção (proposta)

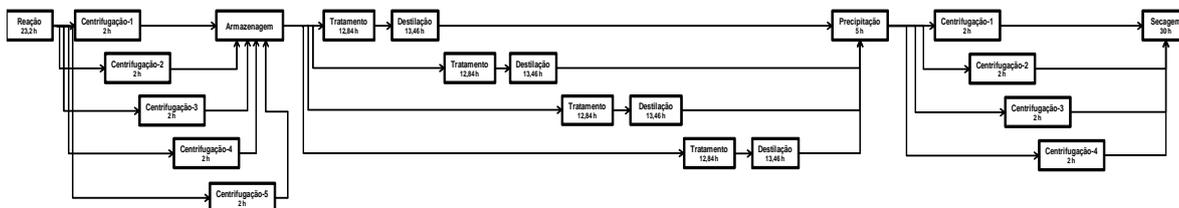


Figura 7: diagrama de produção (proposta)

6. Discussão

Uma das premissas do trabalho foi a de não promover alteração na rota sintética de obtenção do insumo farmoquímico, pois isto implicaria na retenção do lote produzido até a conclusão de novos estudos de estabilidade (mínimo de 6 meses).

O processo de produção estudado tem uma demanda de produção de 10.000 Kg/ano. Pelo que pode ser notado na tabela 1, o tempo para processamento para cada lote de 300 Kg é de 94,5 horas, portanto são necessários 160 dias para o atendimento da demanda com a produção de 34 lotes, salientando que são necessárias 18 horas entre uma produção e outra (tempo de limpeza e set-up).

Demanda de 10.000 Kg	
Número de lotes (a)	34
Tempo por lote (b)	94,5 horas
Tempo total de lotes (c)	3213 horas (a*b)
Nº de set up (d)	34
Tempo total de set up (e)	612 horas (d*18)
Tempo total para cumprimento da demanda	3825 horas (c+d) 160 dias

Tabela 1 - Resumo do processo atual

Com a análise do processo e utilização da teoria das filas, foi proposto a implementação do processo demonstrado na figura 6. Após determinar que havia ociosidade na etapa de secagem, optou-se por readequar o tamanho do lote para que fossem produzidos 800 Kg por lote. Também tendo a premissa de não alterar os recursos disponíveis, foi necessária a criação de sub-lotes intermediários de forma a utilizar-se ao máximo a capacidade do reator de 5400.

Com a alteração é possível a produção de 800 Kg por lote com tempo de processamento de 170,6 horas , totalizando assim 103 dias e 13 lotes para o atendimento da demanda.

Demanda de 10.000 Kg	
Número de lotes (a)	13
Tempo por lote (b)	170,6 horas
Tempo total de lotes (c)	2218 horas (a*b)
Nº de set up (d)	13
Tempo total de set up (e)	234 horas (d*18)
Tempo total para cumprimento da demanda	2452 horas (c+d) 103 dias

Tabela 2 - Resumo do processo proposto

Como a planta tem uso multipropósito, os 57 dias em que os equipamentos deixaram de ser utilizados para a demanda podem ser utilizados na produção de outros IFAs, proporcionando até mesmo a verticalização de algumas rotas sintéticas, o que em certos casos representa a redução de custo na produção do IFA.

Há de se considerar ainda a redução dos gastos gerais de fabricação (GGF) com a diminuição do tempo de processamento da demanda.

7. Proposta de melhoria futura

Nota-se ainda a oportunidade de diminuição de tempo de processamento nas seguintes etapas:

- a) tempo de adição dos solventes: pode ser reduzido com a utilização de bombas com maior vazão;
- b) Diminuir o tempo de set-up: este tempo consiste basicamente na limpeza dos equipamentos e constatação analítica de sua eficácia. Pode-se utilizar neste caso outros métodos de limpeza com uso de spray ball e lavadoras de alta pressão.

8. Conclusão

O uso dos conceitos da teoria das filas proporcionou o aumento de produtividade no processo de produção do IFA estudado, sem impactos para a qualidade do produto. O estudo ainda permitiu identificar os gargalos do processo e diminuir a ociosidade dos equipamentos.

Referências

ABDUELMULA, A.; WAGNER, C. Design and evaluation of lean manufacturing cells: a simulation model. In: IAMOT 2004, Washington, D.C., 2004, Anais...Washington, D.C.: International Association for Management of Technology, 2004.

ABIFINA. Disponível em <<http://www.abifina.org.br/factoNoticia.asp?cod=286>>. Revista Facto, Ed 17, Jan/Fev.2009

ABIQUIF. Disponível em: < http://www.abiquifi.org.br/mercado_oquee.html>. Acesso em: 01 Fev. 2014.

BOTTER, Rui Carlos. Apostila da disciplina logística e pesquisa operacional da Escola Politécnica da USP. EPUSP. São Paulo, 2004.

CARVALHO, M.F; FERNANDES, C.A.O. Planejamento da produção de manufatura por fluxos em redes. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 882p.

CHTOURO, H.; JERBI, A.; MAALEJ, A. Y. The cellular manufacturing paradox: a critical review of simulation studies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 19, n. 5, p. 591-606, Out. 2008.

DJASSEMI, M. A Simulation analysis of factors influencing the flexibility of cellular manufacturing. *International Journal of Production Research*, v. 43, n. 10, p. 2101-2111, May 2005.

GREASLEY, A. The case for the organizational use of simulation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 15, n. 7, p. 560-566, Oct. 2004.

HACHICHA, W.; MASMOUDI, F.; HADDAR, M. An improvement of a cellular manufacturing system design using simulation analysis. Published in: *International Journal of Simulation Modeling*, v. 6, n. 4, p. 193-205, Dez. 2007.

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOGG, T. J. Simulação: otimizando os sistemas. 2 ed. São Paulo: IMAM, 2002. 136p.

HOLLOCKS, B. A well-kept secret? Simulation in manufacturing industry reviewed. *OR Insight*, v. 5, n. 4, p. 12-17, Oct.-Dec.1992.

HOULSON, Ian. *Process Understanding For Scale-Up and Manufacture of Active Ingredients*. Wiley, 2011

IRIZARRY, M. L. A.; WILSON, J. R.; TREVINO, J. A flexible simulation tool for manufacturing cell design, I: model structure, operation, and case Study. *IIE Transactions*, v. 33, n. 10, p. 827-836. 2001.

KANNAN, V. R.; PALOCSAY, S. W. Cellular versus process layouts: an analytic investigation of the impact of learning on shop performance. *Omega, The International Journal of Management Science*, v. 27, n.5, p. 583-592, Out. 1999.

KARPF, Martin. *From Milligrams to Tons: The Importance of Syntesis and Process Research in Development of New Drugs*. *Pharmaceutical Process Chemistry*, 2011

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. *Operations Management: strategy and analysis*. 6 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001. 882p.

LAIRD, Trevor. *How to Minimize the Scale Up Difficulties*. *Chemical Industry Digest*. July 2010.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. *Simulation Modeling and Analysis*. 3ª ed. Boston: McGrawHill, 2000. 760p.

LAW, A. M.; MCCOMAS, M. G. Simulation of manufacturing systems. In: FARRINGTON, P. A.; NEMBARD, H. B.; STURROCK, D. T.; EVANS, G. W. (eds.) *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*, Phoenix: Winter Simulation Conference, p. 56-59, 1999.

MAROUELLI. Disponível em <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/gargalos-de-producao/21678>>.acesso em 03/06/2014

MENDES, A. C. Aplicação da simulação de Teoria de Filas nos Estudos de Confiabilidade Otimização de Equipamentos de Manutenção .Disponível em <www.abraman.org.br/Arquivos/106/106.pdf

MONTEVECHI, J.; DUARTE, J.; NILSSON, G. O uso da simulação para análise do layout de uma célula de manufatura. Revista Pesquisa e Desenvolvimento, Engenharia de Produção, n. 1, p. 15-29, Dez. 2003.

MUSCAT, A. R. N. Produtividade e Gestão da Produção: Administração da Produtividade. São Paulo: NPGCT-USP, 1987. Apostila.

SLACK, N. et al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1996

SELVARAJ, N. Simulation modeling and analysis of single line multi stage manufacturing system. Journal of Scientific & Industrial Research, v. 67, n. 4, p. 277- 281, Abr. 2008.

SHAFER, S. M.; CHARNES, J. M. Cellular versus functional layouts under a variety of shop operating conditions. Decision Sciences, v. 24, n. 3, p. 665-681, Jun. 1991.

SHAMBU, G.; SURESH, N. Performance of hybrid cellular manufacturing systems: A computer simulation investigation. European Journal of Operation Research, v. 120, n. 2, p. 436-458, Jan. 2000.

WELGAMA, P. S.; MILLS, R. G. J. Use of simulation in the design of a JIT System. International Journal of Operations & Production Management, v. 15, n. 9, p. 245-260, Sep. 1995.