

PROPOSIÇÃO DE SEQUENCIAMENTO DA PRODUÇÃO COM USO DO TEMPO DE PREPARAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Leonardo Rossi Azevedo Telo

Especialista em Logística e Operações pelo Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
leo_telo@yahoo.com.br

Raphael Martins da Silva

Especialista em Logística e Operações pelo Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
silva.raphaelmartins@gmail.com

Adriano Maniçoba da Silva

Doutor em Administração pela FEA/USP, Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
adriano_m_s@hotmail.com

Eugenio De Felice Zampini

Mestre em Administração pela EAESP/FGV, Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano, Suzano/SP
eugenio.zampini@ifsp.edu.br

William Ferreira de Paula

Mestre em Engenharia Industrial pela Tallinn University, Professor do Instituto Federal de São Paulo - Campus Suzano
william.ferreira@ifsp.edu.br

Resumo

A crescente competição por mercados cada vez mais ávidos por qualidade e serviços, ao menor custo possível, traz grandes oportunidades para as empresas através da otimização de seus processos produtivos, com objetivos de redução de custos e de atendimento dos prazos de entrega de seus produtos. Então, nesse artigo, é apresentada uma proposta para melhorar o sequenciamento de lotes de produção, usando para isso os tempos de preparação, a partir de um estudo desenvolvido em uma empresa do setor químico.

Tal problema consiste em decidir a sequência de produção dos lotes de maneira a satisfazer a demanda e minimizar os custos de produção e estoques. Por meio da comparação histórica dos sequenciamentos de produção, utilizados em anos anteriores e o dos comportamentos dos tempos de processamento, lead time, dos produtos produzidos em lotes sequenciais, foi possível sugerir-se um sequenciamento melhorado da produção.

Palavras-chave: sequenciamento da produção, eficiência de processos, redução de custos, indústria química.

Abstract

Increasing competition for the market, that is eager for quality and services at the lowest possible cost, brings great opportunities to the companies by optimizing their production processes with the objective of reducing costs and meeting the deadlines for delivering their products. So, in this article, it is presented a proposal to improve the sequencing of production, from a study developed in a company of the chemical industry. This problem consists in deciding the sequence of production in order to satisfy the demand and to minimize the costs of manufacturing and inventories. Throughout the historical comparison of the production sequencing used in previous years and the lead time behavior of products produced in sequential batches, it was possible to suggest improved production sequencing.

Keywords: production sequencing, process efficiency, cost reduction, chemical industry.

Introdução

Com o avanço da competição globalizada, é fundamental às empresas buscarem continuamente melhorias em seus processos operacionais. Neste aspecto, a área de PCP (Planejamento e Controle de Produção) exerce importante papel nas diversas dimensões temporais. No longo prazo, através da função de planejamento, assume o papel estratégico focando suas ações na determinação do que deve ser produzido, na orientação das decisões sobre a aplicação de capital nos recursos necessários e no estabelecimento de objetivos a serem atingidos, no médio prazo, a preocupação se volta para o planejamento e controle das ações voltadas para a obtenção dos objetivos definidos e, por fim, no curto prazo, as atenções estão voltadas ao dimensionamento, sequenciamento, programação de lotes e controle da produção (TUBINO, 2000).

Toso e Morabito (2005) destacam que o dimensionamento de lotes é responsável por determinar o que e quanto produzir, ajustando a capacidade produtiva da empresa às variações da demanda. O sequenciamento e programação, por sua vez, estabelecem a ordem dos lotes de materiais a serem produzidos, de forma a minimizar os tempos de preparação (setup), uma vez que esses diminuem a efetiva capacidade produtiva das organizações. Além da redução da preparação dos equipamentos, é importante observar o equilíbrio desse quesito com as quantidades mantidas em estoque e o atendimento dos prazos acordados com os clientes (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Então, o objetivo desse trabalho é apresentar um estudo de caso de melhoria do sequenciamento de lotes de produção em uma indústria química do Estado de São Paulo. Na linha de produtos estudada, as decisões de dimensionamento e sequenciamento de lotes foram analisadas de modo que a proposição permitisse que a empresa aumentasse sua eficiência operacional. Para isso, foram analisadas as sequências nos lead times reais dos produtos, quando produzidos, e os agendamentos das quantidades que apresentaram maior redução no tempo de produção no ano de 2016, resultando numa proposta de sequenciamento com objetivo de aumentar a eficiência operacional da empresa, através da redução dos tempos de preparação dos equipamentos.

Referencial Teórico

Planejamento, Programação e Controle da Produção

Para Gaither e Frazier (2002), atualmente, muitos fatores afetam a gestão da produção, tais como a competição global, a qualidade, os desafios em relação aos custos, a rápida expansão da tecnologia de produção, o contínuo crescimento do setor de serviços, a escassez de recursos de produção e questões de responsabilidade social.

Por sua vez, o Planejamento e Controle da Produção é a função que tem como objetivo propor planos nos níveis macro e micro que irão orientar a produção, ao mesmo tempo em que fornece subsídios para o controle do realizado vis a vis o programa estipulado, ou seja, o planejamento e controle da produção determina o que vai ser produzido, quando vai ser produzido, como vai ser produzido, onde vai ser produzido, quem vai produzir, sendo que os seus principais objetivos são atender os clientes dentro dos prazos negociados, reduzir os custos de produção e logísticos, fornecer informações a respeito do que, quando e quanto comprar de matérias-primas e insumos, assegurar a plena utilização da capacidade instalada e do pessoal disponível, reduzir os prazos de produção e conseqüentemente os estoques, através do estabelecimento de seqüências nas operações e da elaboração de um programa de produção (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Observa-se, ainda, que o volume disponibilizado de recursos às funções de planejamento e controle da produção deve ser compatível com o seu grau de prioridade e com o nível de suas necessidades. Nesse sentido, a função em questão será prioritária quanto mais o sucesso do negócio depender de seu desempenho, sendo que a função possui maior necessidade de recursos quanto mais complexos forem os seus processos ou os processos que ela deve controlar, sendo esse o paradigma para alocação de recursos para o planejamento e controle nas organizações (FERNANDES e SANTORO, 2005). A partir disso, verifica-se a necessidade de investimentos nos sistemas de produção e em particular nos de programação e sequenciamento da produção como ferramentas para redução de

custos, eliminação de desperdícios e garantia de atendimento nos prazos acordados com os clientes.

Em particular, em um sistema de produção, as atividades de planejamento, programação e controle devem ser exercidas em três níveis hierárquicos. No nível estratégico, considerando-se o longo prazo, o departamento de produção é responsável pela formulação do planejamento estratégico da produção. Já no nível tático, no médio prazo, tal departamento deve elaborar o planejamento-mestre da produção e no nível operacional, no curto prazo, o setor responsável pela produção deve preparar a programação da produção (TUBINO, 2000). A próxima seção trata do planejamento no médio prazo.

O planejamento-mestre da produção

O planejamento mestre de produção (PMP), segundo Corrêa e Corrêa (2006), é responsável por atender a demanda do mercado, com os recursos internos da empresa, de forma a programar taxas adequadas de produção para os produtos finais. Segundo Tubino (2000), o PMP desmembra o plano estratégico de longo prazo em planos específicos de produtos acabados, bens ou serviços, para médio prazo, direcionando as etapas de programação e execução das atividades operacionais como montagem, fabricação, compras etc.

Para o desenvolvimento do PMP são necessárias as seguintes informações (ARNOLD, 1999): o plano de produção e tempos de preparação, as previsões de itens finais individualizadas, as encomendas reais recebidas de clientes para reposição e estoques, os níveis de estoque para itens finais individuais e as restrições de capacidade. Assim, conforme se pode observar, o tempo de preparação é um elemento importante no planejamento da produção. A próxima seção trata desse elemento.

Tempo de preparação

Conforme descreve Penna et al. (2012), a influência do tempo de preparação das tarefas na sequência de produção de uma máquina é chamado de tempo de setup, ou tempos de preparação, sendo que, em alguns casos específicos, esses tempos são negligenciáveis ou podem ser adicionados aos tempos de processamento das tarefas. Segundo Barros e Moccellini (2004), esse procedimento simplifica a análise em determinadas aplicações, principalmente quando os tempos de setup são consideravelmente menores que os tempos de processamento, ou em casos em que a preparação do equipamento destina-se à produção de grandes lotes de produção e é executado somente uma vez.

Para os casos em que os tempos de setup apresentam razão significativa diante dos tempos de processamento, há a necessidade de tratá-los diferenciadamente, uma vez que eles têm relação direta com a disponibilidade de equipamentos e acarretam custos específicos, como a necessidade de pessoal especializado para a preparação do equipamento.

Conceitualmente, o tempo de preparação de uma máquina abrange desde o final do processamento de uma tarefa até o início da tarefa seguinte. Para Flynn (1987), o tempo necessário para o setup tem relação direta com o grau de similaridade entre duas tarefas processadas sucessivamente em uma mesma máquina. Portanto, se duas tarefas a serem processadas em sequência são similares, o tempo requerido para a preparação será relativamente pequeno. Entretanto, se forem completamente diferentes, o tempo será proporcionalmente maior.

Gupta e Smith (2006) acrescentam que cerca de 70% dos gerentes de produção entrevistados pelos autores afirmaram que, em pelo menos 25% das operações, o tempo de preparação era dependente da sequência de produção, gerando assim um tempo importante na composição do lead time real do produto. Dessa forma, verifica-se que os tempos de preparação são essenciais às regras de sequenciamento de produção, podendo gerar ociosidades entre o processamento das peças.

Regras de sequenciamento de produção

Slack, Chambers e Johnston (2009) definem sequenciamento como a decisão a ser tomada sobre a ordem em que as tarefas serão executadas, sendo as prioridades dadas aos trabalhos em uma operação frequentemente estabelecidas por um conjunto predefinido de regras.

Para Tubino (2009), se faz necessário o uso do sequenciamento de produção devido ao fato das necessidades de fabricação e de montagem serem atendidas por um sistema produtivo com limitações de capacidade, sendo que a adequação do programa de produção de atender aos recursos disponíveis (máquinas, homens, instalações etc.).

As principais regras de sequenciamento, segundo Silva et al. (2012), podem ser definidas como sendo:

- FIFO – (First In, First Out), a prioridade é dada de acordo com a sequência em que as ordens chegam ao sistema. Portanto, as ordens de processamento que entram primeiro no sistema, serão as primeiras a sair. Essa regra tem por objetivo minimizar o tempo de permanência na operação;
- LIFO – (Last In, First Out), a prioridade é dada à última peça que entra, devendo ser a primeira a sair. Por ser adversa ao que tange à rapidez de entrega e não ter uma sequência baseada em qualidade, flexibilidade ou custo, essa regra é pouco utilizada;
- SPT – (Shortest Processing Time), a prioridade é dada para o menor tempo de processamento total, ordenando as ordens de produção de modo crescente em relação ao tempo. Sua utilização tem por objetivo reduzir o tamanho das filas;
- LPT – (Longest Processing Time), a prioridade é dada pelo maior tempo de processamento total, em oposição ao SPT;
- EDD – (Earliest Due Date), a prioridade é dada pela execução das ordens mais urgentes em função do prazo de entrega. A finalidade é reduzir atrasos;

- LS – (Least Slack), a prioridade é dada pela menor folga entre a data de entrega e o tempo total de processamento entre as ordens que estão à espera, com o objetivo de reduzir atrasos;
- SIPT – (Shortest Imminent Processing Time), a prioridade é dada pelo menor tempo de processamento individual;
- LIPT – (Longest Imminent Processing Time), a prioridade é dada pelo maior tempo de processamento individual;
- LWQ – (Least Work Next Queue), a prioridade é dada para a ordem com destino à máquina ou estação de trabalho com menor fila no momento. Essa regra objetiva evitar a parada de um processo subsequente;
- CR – (Critical Ratio), a prioridade é dada à menor razão crítica, que é calculada pela divisão do tempo até a data de vencimento pelo tempo total de produção restante. Essa é uma regra dinâmica que procura combinar a EDD com a SPT;
- DLS – (Dynamic Least Slack), a prioridade é dada à menor folga que é a diferença entre a data prometida de entrega e o tempo total restante de processamento. Essa regra prioriza as tarefas mais urgentes, visando reduzir atrasos, todavia é um pouco mais complicada de aplicar que a LS por se tratar de uma regra dinâmica;

Definindo a programação da produção, as questões de quanto e quando produzir de cada produto no horizonte de planejamento são respondidas. Nos casos em que há vários produtos e várias máquinas, por exemplo, a programação deve definir ainda as quantidades de produção de cada produto em cada máquina no horizonte de planejamento. Esse estudo tem como base a melhoria do sequenciamento das atividades ou scheduling, modificando a sequencia de tarefas, ou jobs, de uma única máquina na empresa.

Procedimentos metodológicos

Esse estudo tem por objetivo responder ao seguinte problema de pesquisa: Como aumentar a eficiência operacional por meio do sequenciamento de produção com uso do tempo de preparação? Para atingir esse objeto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar dados e sequência de produção utilizada pela empresa;
- Identificar o comportamento dos principais produtos quando produzidos em sequência;
- Propor o sequenciamento da produção otimizado.

O delineamento da pesquisa utilizado pode ser classificado como estudo de caso único que teve como finalidade aprofundar os conhecimentos de sequenciamento da produção visando analisar as diferentes regras de sequenciamento e compará-las com regras as utilizadas pela empresa, para propor um plano melhorado.

A empresa estudada é uma indústria multinacional do segmento químico de médio porte, com aproximadamente 300 funcionários, presente no país há mais de 60 anos e estabelecida no interior do Estado de São Paulo.

A coleta de dados ocorreu por meio dos seguintes procedimentos:

- Entrevistas espontâneas com o responsável pelo PCP e analista sênior da empresa estudada. Segundo YIN (2010), a natureza das entrevistas permite que se indaguem respondentes chaves sobre os fatos, de maneira que se solicite a opinião dos mesmos sobre determinados eventos, registrando-as;
- Análise documental das quantidades produzidas e lead times de produção de março de 2014 a dezembro de 2015, e previsão de produção para 2016. Para YIN (2010) os documentos devem ser cuidadosamente utilizados e deve-se atentar quanto a validade dos documentos. O autor reforça que essa forma de coleta é mais objetiva que a técnica de entrevistas.

Conforme sugerido por GIL (2010), os resultados do estudo foram validados pela triangulação dos dados obtidos nas diversas fontes consultadas. As informações

da revisão da literatura sobre sequenciamento da produção, bem como as vantagens e desvantagens apresentadas de cada estratégia foram confrontadas com as informações obtidas pela observação direta dos processos, entrevistas com responsáveis e análise documental. A análise dos dados históricos de produção forneceu elementos para sugerir um novo sequenciamento de produção a fim de aumentar a eficiência na produção.

Baseados nos trabalhos anteriores de Flynn (1987) e Gupta e Smith (2006), acredita-se que sequenciando a produção de forma a priorizar lotes consecutivos do mesmo produto, será alcançada uma maior eficiência, dada a queda no lead time real advinda do menor tempo de setup.

Para verificar se esta hipótese, foram conduzidas entrevistas estruturadas com o analista e responsável pelo PCP da empresa a fim de aprofundar o conhecimento na linha de produção escolhida. Com os documentos fornecidos, foram analisadas as informações de produção disponíveis no sistema que datam de março de 2014 a dezembro de 2015, sendo o último mês considerada a previsão de produção (dados coletados em dezembro de 2015 antes do final da produção). Em seguida, foi analisada a programação de produção para 2016, destacando os produtos com maiores quantidades de lotes produzidos a fim de verificar seu comportamento em produção contínua para verificar a hipótese do ganho de eficiência advindo da produção seriada devido à redução do tempo de preparação.

Análise e discussão dos resultados

Apresentação do estudo de caso

O presente artigo buscou analisar a programação e o sequenciamento de produção de uma determinada linha de produtos químicos entre março de 2014 e dezembro de 2015 e propor um modelo mais eficiente para o ano de 2016.

Em entrevista realizada com o Analista de PCP da empresa, no cargo há 15 anos, foi informado que a linha de produtos em questão é produzida, em sua maior parte, para estoque e que o sequenciamento de produção é definido pelo critério FIFO

(First In, First Out) conforme previsão de vendas. Foi levantado ainda que ao longo do mês, caso seja recebido um pedido específico não atendido pelo estoque disponível, a programação é alterada, dando prioridade à produção do pedido em questão, aproximando-se da regra EDD – (Earliest Due Date).

Em análise inicial da produção de março 2014 a dezembro 2015, notou-se casos que apresentavam um menor lead time real, que é compreendido como o tempo decorrido entre a colocação dos ingredientes na máquina, processamento, envase e análise do produto final, na produção de lotes do mesmo produto em sequência. Ao ser indagado se a redução poderia ser atribuída à eliminação do tempo de setup, preparação da máquina para produção de determinado material, o analista de PCP afirmou que sim, mas que não havia sido feito nenhum estudo sobre este fenômeno. Entretanto, poderiam haver outros fenômenos relacionados ao próprio processamento dos lotes, em que há correções na composição dos produtos produzidos que poderiam ser afetados pela quantidade de lotes produzidos sequencialmente, dependendo da quantidade produzida nesse processo de continuidade.

A fim de verificar se esta observação era verdadeira e que poderia gerar ganho de eficiência à empresa, foram analisadas as informações de produção disponíveis no sistema que datam de março de 2014 a dezembro de 2015, sendo utilizada no último mês a previsão de produção, uma vez que o mês ainda não havia chegado ao seu final. Em seguida, foi verificada a programação de produção para 2016, de forma a se identificar os produtos principais e verificar seu possível comportamento em produção contínua de modo a se propor um modelo de sequenciamento de produção que considere o ganho decorrido da produção do mesmo produto em sequência contínua.

A análise dos dados

Com o propósito de manter a confidencialidade dos dados da empresa, os produtos analisados foram renomeados. De março de 2014 a dezembro de 2015 foram produzidos 9 produtos diferentes, identificados de “A” a “I”, resumidos na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta: o rendimento de cada lote, ou seja a massa média processada por lote de um determinado produto; o tempo médio de produção,

incluindo a colocação de ingredientes, processamento, envase e análise do produto final; a quantidade produzida nos 22 meses analisados; e a participação de cada produto na produção da máquina.

Tabela 1: Resumo da produção de março 2014 a dezembro de 2015

PRODUTO	RENDIMENTO MÉDIO (KG)	LEAD TIME REAL MÉDIO (H)	PRODUÇÃO TOTAL (KG)	%
A	21.000	98,06	1.132.500	11,71%
B	21.000	77,81	88.500	0,92%
C	20.000	94,97	40.000	0,41%
D	21.900	86,26	834.300	8,63%
E	21.500	66,29	181.000	1,87%
F	21.200	75,91	5.405.200	55,89%
G	21.825	72,66	87.300	0,90%
H	21.000	74,92	1.645.000	17,01%
I	15.144	59,68	257.448	2,66%
TOTAL	-	78,51	9.671.248	100%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na tabela 2, são apresentados os lotes produzidos desde março de 2014. Em ambas Tabelas 1 e 2, percebe-se que os principais produtos produzidos em quantidade foram: “F” (55,89%), “H” (17,01%), “A” (11,71%) e “D” (8,63%).

Tabela 2: Quantidade de lotes produzidos de março 2014 a dezembro 2015

Período	Produtos									Total Geral
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Março 2014	2			4		13	1	4		24
Abril 2014	1			2		10		2	14	29
Mai 2014	1					7			3	11
Junho 2014	1			4		10		2		17
Julho 2014	2		1	2	1	14		6		26
Agosto 2014	4	1		3	1	12		5		26
Setembro 2014	2			4		15		5		26
Outubro 2014	2			4	1	13		5		25
Novembro 2014	6			1		17		4		28
Dezembro 2014	2			1		10		2		15
Janeiro 2015	2	1		3	1	13	1	3		24
Fevereiro 2015	3			2	1	10		3		19
Março 2015	4			2		16		6		28
Abril 2015	5		1	1	1	11	1	2		22
Mai 2015	1	1				12		6		20
Junho 2015	1			1		14		4		20
Julho 2015	3			1	1	14		4		23
Agosto 2015	1	1		1		2				5
Setembro 2015	4			1		11	1			17
Outubro 2015	5				1	10		5		21
Novembro 2015						12		7		19
Dezembro 2015	1	1	1	1	1	1		1		7
Total de lotes	53	5	3	38	9	247	4	76	17	452
Lotes/mês	2,41	0,23	0,14	1,73	0,41	11,23	0,18	3,45	0,77	20,55

Fonte: Elaborado pelos autores.

Obteve-se também a previsão de produção para 2016, mostrada na Tabela , onde. nota-se um crescimento na demanda dos produtos “A” (de 2,41 para 2,83 lotes/mês), “F” (de 11,23 para 12,58 lotes ao mês) e “H” (de 3,45 para 5,08 lotes/mês). O produto “D” é o único com redução esperada na demanda (de 1,73 para 1,08 lotes/mês). Os Produtos “B” e “I” serão descontinuados.

Tabela 3: Previsão de produção para 2016

Produtos						
Período	A	C	D	E	F	H
Janeiro2016	4	1	1	0	16	5
Fevereiro2016	0	1	1	1	11	5
Março2016	3	0	1	0	13	5
Abril2016	3	0	1	1	12	5
Maiio 2016	3	1	1	1	13	5
Junho2016	3	0	2	1	12	6
Julho2016	3	1	1	0	13	6
Agosto2016	3	0	1	1	12	6
Setembro2016	4	1	1	1	12	6
Outubro 2016	3	1	1	1	13	6
Novembro2016	3	0	1	0	13	6
Dezembro2016	2	0	1	1	11	0
Total	34	6	13	8	151	61
Lotes/mês	2,83	0,50	1,08	0,67	12,58	5,08

Fonte: Elaborado pelos autores.

A previsão realizada para 2016 mostra que, somente os produtos “A”, “F” e “H” teriam produção acima de 2 lotes ao mês. Por esta razão, foi delimitado o estudo a esses produtos, medindo o desempenho de cada um deles quando produzidos em sequência nos últimos 22 meses, de modo a verificar se houve um ganho de eficiência.

A variação foi calculada pela diferença entre o lead time real do último lote e o lead time real do primeiro lote com o objetivo de identificar se houve redução no lead time real pela produção seriada. Desta forma, caso o resultado seja positivo, significa que houve um aumento de lead time do último lote em comparação ao inicial, ou seja, perda de eficiência. Por outro lado, se o resultado for negativo, significa que houve um aumento de eficiência, uma vez que se levou menos tempo para produzir a mesma quantidade de material, em relação ao primeiro lote produzido.

As sequências foram separadas por produtos e por quantidades de lotes produzidos em série, visando a identificação de padrões.

Produto “A”

O produto “A” foi fabricado em sequência em 5 oportunidades ao longo dos 22 meses analisados. Em 4 delas (80%) foram produzidos 2 lotes seguidos e em apenas 1 (20%) foram produzidos 3 lotes em série, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Desempenho do produto “A” em série – março 2014 a dezembro 2015

Sequencia	Frequência	Varição média
2 lotes	4	26,78%
3 lotes	1	-32,05%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse caso, o histórico demonstra que a produção de 2 lotes em sequência deve ser evitada, uma vez que houve aumento do lead time total em 26,78%. A produção de 3 lotes, por sua vez, seria mais indicada, por trazer uma redução de 32,05% do lead time do último lote em relação ao primeiro. Entretanto, em ambos os casos, como a produção sequenciada foi rara nos 22 meses analisados, é arriscado generalizar o resultado a um comportamento da produção do material.

Produto “F”

O produto “F” é o principal produto da linha, sendo responsável por quase 56% da produção e possui uma grande quantidade de lotes consecutivos produzidos entre março de 2014 e dezembro de 2015.

Foram 71 ocorrências durante o período analisado, sendo em sua maioria sequências de 2 (57,75%) e 3 (23,94%) lotes, conforme mostra a Tabela 5, notando-se variação média, de acordo com o número de lotes produzidos em sequência.

Para este produto, por possuir mais ocorrências, é possível analisar de forma mais detalhada seu comportamento na produção. Destaca-se as 41 ocorrências de

produção em série de 2 lotes em sequência e no resultado obtido, houve um aumento no lead time real médio em 5,65%, contrariando a hipótese de aumento de eficiência na produção do mesmo produto de forma consecutiva. Entretanto, quando produzidos 3 lotes em sequência, notou-se uma queda de 2,99% no lead time real médio. Em ocorrências menos frequentes, observa-se um aumento no lead time real médio para 4 e 5 lotes e redução de 17,51% e 16,69% no lead time real médio para produção de 6 e 7 lotes em sequência.

Tabela 5: Desempenho do produto “F” em série – março 2014 a dezembro 2015

Sequencia	Frequência	Varição média
2 lotes	41	5,65%
3 lotes	17	-2,99%
4 lotes	7	9,16%
5 lotes	1	122,23%
6 lotes	4	-17,51%
7 lotes	1	-16,69%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Produto “H”

O produto “H” é o que apresentou maior expectativa de aumento de vendas para o ano de 2016 e que, pelos dados coletados, apresenta aumento médio no lead time final quando produzido em série, tanto de 2 quanto de 3 lotes de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Desempenho do produto “H” em série – março 2014 a dezembro 2015

Sequencia	Frequência	Varição média
2 lotes	15	22,56%
3 lotes	4	9,02%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste caso, deve ser evitada a produção em sequência, uma vez que não apresenta ganho de eficiência.

Deve-se registrar que nos documentos analisados foram encontradas algumas inconsistências no lead time real. De acordo com o Analista de PCP, o cadastramento das informações é feito manualmente podendo gerar erros de digitação. Desta maneira, foram desconsiderados os lotes cujo lead time real tenha sido maior que o dobro do segundo maior tempo em cada produto. Desta maneira foram desconsiderados 5 lotes, representando 1,1% da amostra coletada.

Proposição para 2016

Baseados nos comportamentos estudados, propõe-se a sequência apresentada na Tabela 7 para o ano de 2016.

Tabela 7: Proposição de sequenciamento de produção para 2016

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1			F	F		F	F	E	F	H	F	F
2			F	E	F	F	C	F	F		F	A
3			F		F	H		F	F	F	A	E
4	H	H	F	H	F	D	H	F		F	A	
5	C	E	F	F	C		F	H	C	F	A	F
6	F	F		F	H	F	F		H	H		F
7	F	F	H	F	D	F	F			C	H	F
8	F	F	D	D		F	H	D	F	H	D	F
9	F	F	H	H	F	E	D	F	F		F	F
10	F	F	A		F	H		F	F	H	F	F
11	F	F	A	H	F		F	F		D	F	
12	F	F	A	F	F		F	H	D			F
13	D			F	F	H	F		A	F		F
14	H		H	F	F	A	F		A	F	H	F
15	F	H	F	H		A	F	H	A	F	F	A
16	F	D	F		H	A	F	F	A		F	D
17	F	F	F		E	D		F	H	F	F	F
18	H	F	H	F	A	H	H	F		F	H	
19	A	F		F	A		A	H	H	F		
20	A	H		F	A	H	A		E	A		
21	A		F		H	F	A		F	A	H	
22	A	H	F		F	F	H	H	F	A	F	
23	H	C	F		F	F		A	F		F	
24	F	H	H		F	H		A	H	H	F	
25	F			H	H		H	A		F	H	
26	F			F			F	H	H	F		
27	F			F		F	F		F	F		
28	F			A		F	F		F	H	H	
29	F	F		A		F	H	F	F	E	F	
30	H		F	A	H	F		F	H		F	
31			F		F			F		F		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma vez que o processo de fabricação de cada lote seguia o sequenciamento FIFO – (First In, First Out), onde a prioridade é dada de acordo com a sequência em que as tarefas chegam ao sistema, notou-se a ocorrência de uma redução no lead time real da produção quando se era feito o mesmo produto em lotes sequenciais, sendo o provável responsável pela redução o tempo de setup da máquina. Apesar de se

acreditar que haveria a melhora significativa caso isso ocorresse, foi observado no estudo que nem sempre um lote em sequenciamento diminui esse tempo.

Gupta e Smith (2006) afirmam que o tempo de preparação depende da sequência de produção e esta variação afeta o lead time real dos produtos. Entretanto, não foi encontrada na literatura uma regra de sequenciamento de produção que considerasse a produção de produtos químicos similares sequencialmente, onde pudesse haver fatores de correção de composição que afetariam o tempo de sequenciamento para um determinado número de sequências, com o intuito de gerar maior eficiência produtiva através da diminuição do lead time real.

Conclusões

Com o aumento da competitividade no mercado globalizado, é fundamental às empresas o aprimoramento contínuo. A melhoria dos processos produtivos e a busca pela maior eficiência nos processos são importantes desafios da área de gestão da produção, de modo a buscar a viabilização de menores custos e redução dos recursos necessários ao negócio.

Nesse artigo, foi abordado o problema de como aumentar a eficiência produtiva utilizando o sequenciamento de produção. Um estudo de caso foi realizado em uma indústria química, na qual foi verificado o comportamento dos produtos quando produzidos em sequencia, uma vez que se acreditava que a produção sequenciada do mesmo item geraria ganhos operacionais, dado o menor tempo de setup.

Entretanto, não foi encontrado um padrão condizente com a premissa em que a redução do tempo de preparação é o fator de aumento de produtividade, independentemente dos diferentes produtos analisados. Descobrimos que há outros fatores, não identificados nesse trabalho, que afetam o desempenho da produtividade na fabricação de sequências consecutivas de lotes de um determinado produto nessa indústria específica. Contudo, baseado no comportamento dos itens quando produzidos em série, foram estabelecidas premissas que nortearam a proposição de uma sequencia mais eficiente de produção para o ano de 2016.

Para estudos futuros, sugere-se o acompanhamento do sequenciamento proposto a fim de comprovar o aumento da eficiência, a análise detalhada dos tempos decorridos em cada etapa de produção, uma vez que o lead time real dos lotes apresentou grande variação no período estudado e a aplicação das regras de sequenciamento estabelecidas para outras linhas de fabricação da empresa, de modo a se verificar a existência de diferenças no comportamento dos lead time reais dos produtos.

Referências

ARNOLD, J. R.T.. Administração de materiais: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1999.

BARROS, A. D. de; MOCCELLIN, J. V.. Análise da flutuação do gargalo em flow shop permutacional com tempos de setup assimétricos e dependentes da sequência. Gestão e Produção. São Carlos, V. 11, n. 1, 2004.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A.. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2006.

FERNANDES, F.C.F.; SANTORO, M.C.. Avaliação do grau de prioridade e foco do Planejamento e Controle da Produção (PCP): modelos e estudos de casos. Gestão e Produção, São Carlos Vol. 12, pp.25-38, 2005.

FLYNN, B. B.. The effects of setup time on output capacity in cellular manufacturing. International Journal of Production Research. V. 25, n. 12, p. 1761-1772, 1987.

GAITHER, N.; FRAZIER, G.. Administração da produção e operações. São Paulo: Cengage, 2012

GIL, A.C.. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUPTA, S. R.; SMITH, J. S.. Algorithms for single machine total tardiness scheduling with sequence dependent setups. European Journal of Operational Research, vol. 175, n. 2, p. 722-739, 2006.

PENNA, P. H. V. et al.. Uma heurística híbrida para minimizar custos com antecipação e atraso do sequenciamento da produção em uma máquina. *Production Journal*, v. 22, n. 4, p. 766-777, 2012.

RUSSOMANO, V. H.. PCP: Planejamento e controle da produção. 6. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

TOSO, E. A.V.; MORABITO, R. Otimização no dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção: Estudo de caso numa fábrica de rações. *Revista Gestão & Produção*, São Carlos, v.12, n.2, p.203-217, mai.-ago, 2005.

TUBINO, D. F.. Manual de planejamento e controle da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D. F.. Planejamento e controle da produção: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.. Administração da Produção. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SILVA, E. B. da; COSTA, M. G.; SILVA, M. F. S. da; PEREIRA, F. H.. Avaliação de regras de sequenciamento da produção em ambientes Job shop e Flow shop por meio de simulação computacional. *Exacta*, vol. 10, núm. 1, 2012, pp. 70-81.

YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.