Recebido: 13/07/2015
Aprovado: 26/09/2015

Aplicação da Metodologia Enxuta em uma empresa dos ramos da saúde, alimentos e farmacêuticos

Application of the Lean Methodology in a company from the pharmaceutical and food industry

Juliana Keiko Sagawa[1] – Departamento de engenharia de produção – Universidade Federal de São Carlos
Juliane Fernandes Caetano Souza[2] – Departamento de engenharia de produção – Universidade Federal de São Carlos
Lucas Rodrigues de Araújo[3] – Departamento de engenharia de produção – Universidade Federal de São Carlos
Melissa Corrêa Marques[4] – Departamento de engenharia de produção – Universidade Federal de São Carlos
Walter Santana Nogueira[5] – Departamento de engenharia de produção – Universidade Federal de São Carlos

RESUMO O objetivo principal da Produção Enxuta é a redução de desperdícios e o aumento da qualidade eficiência na produção. Nesse artigo, apresenta-se um estudo em uma empresa dos ramos farmacêutico e de alimentos, buscando-se mapear os seus fluxos de valor atuais e identificar os desperdícios e as possíveis maneiras de eliminá-los, segundo os princípios da Produção Enxuta. Dentre as soluções sugeridas estão a implantação do sistema *Kanban* e de um quadro de controle do estoque e nivelamento de carga (*heijunka*). Como resultado, estimou-se uma redução potencial de *lead time* de mais de 70% (de 71 para 19 dias). Com as melhorias propostas, procurou-se um ponto de equilíbrio diante do *trade-off* entre produção mais flexível com lotes reduzidos e menores tempos totais de *set up* com produção em grandes lotes.

Palavras-chave Produção Enxuta. Mapa de Fluxo de Valor. Indústria farmacêutica. Indústria alimentícia.

ABSTRACT *The main goal of Lean Manufacturing is the reduction of waste and consequently the improvement of manufacturing efficiency and quality. This paper presents a case study in a company from the pharmaceutical, health and food industry. The value stream was mapped, aiming to identify waste and the possible ways of reducing it, according to the lean principles. Among the proposed solutions is the implementation of Kanban cards and the implementation of a panel for stock control and production leveling (heijunka). A 70% reduction of the total lead time was estimated as a potential result (from 71 to 19 days). The proposed improvements sought to provide a balance given the trade-off between more flexible production with smaller batches, and the lower total set up time of larger batches.*

Keywords *Lean Manufacturing. Value Stream Map. Pharmaceutical industry. Food industry.*

1. Rod. Washington Luís, km 235, CEP: 13565-905, São Carlos, São Paulo, juliana@dep.ufscar.br
2. julifercae@gmail.com
3. araujo93.lucas@gmail.com
4. melissacmarques@gmail.com
5. waltersnogueira@gmail.com

SAGAWA, J. K.; SOUZA, J. F. C.; ARAÚJO, L. R.; MARQUES, M. C.; NOGUEIRA, W. S. Aplicação da Metodologia Enxuta em uma empresa dos ramos da saúde, alimentos e farmacêuticos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 173-185.

DOI: 10.15675/gepros.v11i2.1432

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso feito em uma empresa de médio porte do ramo da saúde. Com foco no segmento de própolis, mel e extratos de plantas medicinais e um portfólio de mais de 100 produtos, a empresa atende o mercado nacional e internacional, exportando produtos de alto padrão de qualidade para diversos países no mundo, além de atuar como fornecedores de insumos industriais para diversas empresas dos setores farmacêutico, cosmético e alimentício.

O objetivo deste estudo foi mapear os fluxos de valor atuais e identificar possíveis pontos de melhorias segundo as metodologias propostas pelo *Lean Manufacturing*. A ênfase do estudo foi em uma família de produtos da linha de *spray* de cosméticos, formada por 14 produtos. Essa linha é atualmente uma das mais lucrativas da empresa, no entanto, foram identificados diversos pontos de cabíveis de melhorias o que aumentaria ainda mais a sua lucratividade, como, por exemplo, na redução dos níveis de estoque.

Atualmente há uma grande capacidade de produção ociosa devido a uma determinação feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que obriga a empresa produzir cosméticos separadamente de produtos alimentícios e farmacêuticos.

A realização do estudo ocorreu da seguinte forma: coleta de dados, tratamento dos dados, mapeamento do fluxo atual de valor, *brainstorming* da equipe para buscar melhorias e a elaboração do mapa de estado futuro, onde foram apresentadas as propostas de melhorias encontradas. Dentre as principais mudanças, pode-se destacar a implantação do sistema de cartões *Kanban*, a diminuição significativa dos níveis de estoque e do *lead time* total. Para que isso fosse possível foram necessárias mudanças na produção, tais como a diminuição e padronização dos lotes de produção, a implementação de um sistema de supermercado, um quadro *Heijunka Box* na expedição e a redução dos tempos de setup buscando a otimização das atividades de limpeza dos equipamentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Após a Segunda Guerra Mundial, com a derrota do Japão, a Toyota teve a necessidade de cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de cada modelo de carro para continuar competindo no mercado (OHNO, 1997). Assim, ela modificou seu conjunto de práticas de produção, criando o chamado "Sistema Toyota de Produção" e adotando a filosofia de "Produção Enxuta", que, em suma, visa continuadamente aumentar eficiências e reduzir desperdícios.

A produção enxuta foi considerada como um modo superior de os seres humanos produzirem coisas (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Tal processo de difusão ainda necessita ser detalhadamente investigado no Brasil. Contudo, é fato que atualmente muitas empresas, em diferentes setores, vêm adotando em escala crescente práticas da produção enxuta, o que comprova a oportunidade de realização de uma pesquisa acerca das motivações estratégicas e dos processos de implementação da produção enxuta. Gurumurthy e Kodali (2009), por exemplo, mencionam que muitas organizações estão em processo de implementação ou já implementaram práticas produção enxuta nos últimos anos.

Essa utilização de conceitos e ferramentas da produção enxuta é o tema desse trabalho, que envolveu a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor em uma média empresa. Mapas de Fluxo de Valor são os direcionadores da transformação "*Lean*", uma vez que eles ajudam a identificar, compreender e analisar os problemas e desperdícios dos processos atuais, a fim de propor melhorias.

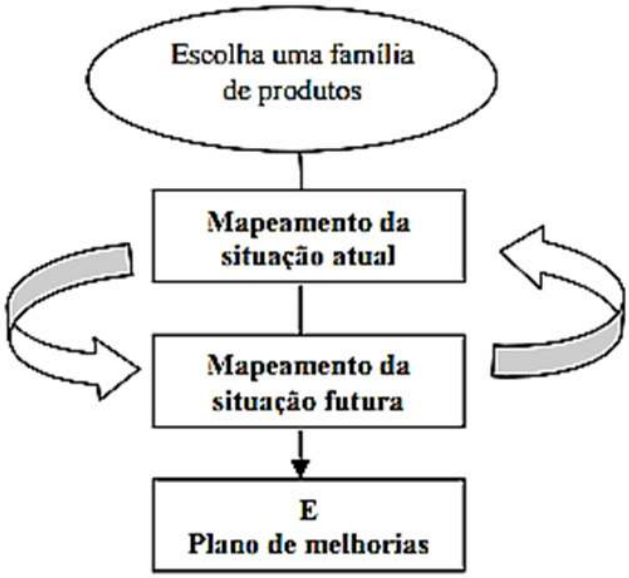
No entanto, uma observação deve ser feita sobre a aplicação de técnicas isoladas de produção enxuta, como ocorrido no caso estudado. Na tentativa de adaptação da filosofia japonesa pelas empresas do ocidente, observa-se, em grande parte dos casos, uma tendência à simplificação do Sistema Toyota de Produção, sendo este tratado como sinônimo de práticas como *Just-in-Time* e Controle Total da Qualidade. Assim, grande parte das firmas ocidentais adota apenas algumas características, métodos e princípios do Sistema Toyota de Produção, sem de fato compreender suas raízes conceituais (ANTUNES, 2008). O que essas empresas muitas vezes se esquecem é que o sucesso da Toyota adveio da implementação do conjunto de práticas da produção enxuta como uma filosofia em toda a empresa (GHINATO, 1996), e não apenas de métodos isolados visando reduções de custo. Como afirmam Karlsson e Åhlström (1995, p. 80) "A produção enxuta é um princípio de organização complexo, cujos conceitos distribuem-se por toda empresa, desde o desenvolvimento de produto até as estratégias (WOMACK; JONES; ROOS, 1990)". Assim, o sucesso da implementação da manufatura enxuta depende não só da aplicação de ferramentas e técnicas, mas também da transformação da cultura da empresa (BHASIN; BURCHER, 2006). Sendo assim, deve-se ressaltar que, para a implantação eficiente e duradoura das melhorias propostas nesse projeto para a empresa em questão, seria necessário uma mudança de cultura na organização.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DESENVOLVIMENTO

3.1. Etapas da pesquisa

O trabalho se tratou de um Estudo de Caso que teve como etapa inicial a realização de uma Visita Técnica à fábrica. Durante a visita, analisou-se a produção de um antisséptico de mel desde o início da linha produtiva até a sua embalagem final. Obtiveram-se também dados como duração de estoques, tempo entre chegadas de matéria prima, tempo de duração da análise microbiológica da matéria prima, dentre outros. Em seguida, os dados foram analisados e utilizados para realização de um Mapa de Fluxo de Valor Atual. Através desse mapa e baseando-se na teoria de *Lean Manufacturing* e em oito perguntas propostas por Rother e Shook (2003), para a aplicação dos princípios enxutos, foi possível criar um Mapa de Estudo Futuro com algumas mudanças no sistema produtivo. Além disso, foram propostas algumas alterações pontuais na produção, que também seguiram a teoria mencionada. Estas etapas são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Etapas do MFV.



Fonte: Rother; Schook (2003).

3.2. Classificação da empresa e do sistema de produção

Além do mapeamento do fluxo de valor, o trabalho propôs uma classificação multidimensional do sistema de produção da empresa, com o propósito de entender melhor este sistema e consequentemente elaborar um melhor projeto do sistema de PCP.

Adotou-se o sistema de classificação proposto por MacCarthy e Fernandes (2000), o qual se divide na análise de variáveis como: tamanho da organização; tempo de resposta; nível de repetição; nível de automação; tipo de layout; tipos de estoque de segurança; tipos de fluxo; estrutura do produto; nível de customização; número de produtos; tipos de montagem e tipos de organização do trabalho. Seguindo o modelo mencionado, a empresa recebeu a seguinte proposta de classificação: M_Lda_SC_N_SL_4_M_S_3_F4_A1_G.

A caracterização geral da empresa foi a seguinte: (M) médio de porte,com cerca de 100 funcionários; (Lda) Produz para estoque com nível de serviço igual a 95%, já que alguns produtos com prioridade reduzida podem ter seus pedidos não atendidos; (SC) sistema semi-contínuo onde a produção é feita por batelada e (N) nível de automação normal, com alto grau de presença humana na execução.

A família de produtos analisada se apresentou da seguinte forma: (SL) nível único e que não requer montagem; (4) produto padrão e sem interferência no design, com produtos dispostos em um catálogo e (M) múltiplos produtos.

O processo se caracterizou da seguinte forma: (S) estação de trabalho única; (3) sem estoque intermediário e estoque depois do último estágio de produção e (F4) sistema de fluxo em um processo multiestágios e unidirecional (*flowshop*).

A caracterização da montagem foi a seguinte: (A1) a montagem se caracteriza pela mistura dos ingredientes que compõem o produto final (extrato de própolis, mel e aromatizante) e execução do processo em grupos de trabalho (G).

3.3. Mapeamento do estado atual

Para a construção do Mapa de Estado Atual foi utilizado o *software* "*Visio Professional*". Algumas informações necessárias para a realização do Mapa Atual, mostrado no Apêndice 1, estão apresentadas a seguir:

- A produção dos *sprays* ocorre, em média, durante uma semana no mês;
- Os lotes de produção são de 7200, 14400 e 21600 unidades;
- O processo produtivo foi dividido em três fases: 1) Análise Laboratorial; 2) Pesagem, Homogeinização; e 3) Análise e Linha de Envase e Embalagem;
- Para a produção do antisséptico analisado há somente uma máquina que liga as três fases através de esteiras e acumuladores de frascos do produto;
- As planilhas de Excel que contêm a previsão de vendas mensais do produto, com ajustes semanais de carteira de pedidos, são enviadas para Análise Laboratorial e Análise e Linha de Envase e Embalagem;
- O giro de estoque do antisséptico estudado é de dois meses;
- Há uma sazonalidade pois a demanda do produto é maior no inverno;
- Antes de ser enviado para o Centro de Distribuição, o produto permanece, em média, quatro dias na planta de produção;
- Na linha de Envase e Embalagem, é possível haver algumas paradas não programadas na produção devido ao desalinhamento dos frascos do produto antisséptico na esteira.

Os tempos de duração de cada etapa do processo produtivo estão indicados na Figura do Apêndice 1. Esses tempos somados geram um *lead time* total de produção de 71 dias.

3.4. Mapeamento do estado futuro

De acordo com Rother e Shook (2003), o mapa de estado futuro busca dar uma perspectiva mais ampla (e não só dos processos individuais) analisando o fluxo de valor e de informações da produção "porta-a-porta". Dentre os benefícios propostos por Rother e Shook (2003), têm-se: ajudar a identificar desperdícios, tornar as decisões sobre o fluxo visíveis, juntar conceitos e técnicas enxutas, mostrar a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. É uma ferramenta qualitativa com a qual descrevem-se detalhes de como a unidade produtiva deveria funcionar para melhor coordenar o fluxo.

Para a construção do Mapa de Estado Futuro também foi utilizado o *software Visio Professional*. As principais informações do Mapa Futuro, apresentado no Apêndice 2, estão listadas a seguir:

- A produção dos *sprays* ocorrerá toda segunda e quinta-feira de cada semana;
- Os pedidos de matéria prima serão semanais e programados para chegar toda segunda e quinta-feira;
- O processo produtivo continuou dividido em três fases: 1) Análise Laboratorial; 2) Pesagem, Homogeinização e Análise; e 3) Linha de Envase e Embalagem;
- O giro de estoque do antisséptico passou a ser 19 dias;
- O produto será enviado para o Centro de Distribuição no final de cada dia produtivo;
- No PCP será implementando completamente um sistema de ERP, que está atualmente implantado de forma parcial;
- Será implementado na Expedição o quadro de nivelamento de estoques (*Heijunka Box*), onde o controle da produção será feito pelos próprios funcionários e tal quadro será ilustrado e explicado a seguir;
- A produção será puxada por sistema *Kanban* (localizado na Expedição), quando o quadro de nivelamento atingir a faixa amarela de estoques;
- Cada cartão equivalerá a 450 unidades;

3.4.1. Proposta de nivelamento de carga (*Heijunka Box*)

> [...] é uma ferramenta de gerenciamento visual e melhoria contínua de processo. O quadro, também conhecido por *Heijunka Box*, auxilia os operadores a fazerem a programação de produção, através do controle dos estoques de peças prontas. Além da quantidade a ser produzida, é função do quadro, também, indicar o ritmo e horários em que devem ser feitos os vários produtos pela linha (TARDIN; LIMA, 2000).

A construção do quadro de nivelamento levou em consideração os pontos descritos a seguir:

A definição do tamanho do estoque de segurança foi feita baseando-se na demanda diária média multiplicada pelo tempo mínimo de produção, o equivalente a sete dias.

O tamanho do cartão *Kanban* adotado foi de 450 unidades, por ser um múltiplo dos valores de lotes utilizados pela empresa atualmente, o que facilitaria o entendimento da nova metodologia pelos colaboradores. Além disso, isso auxiliaria no controle mais detalhado do estoque.

O quadro escolhido foi o magnético, por se tratar de vários produtos divididos em muitos e pequenos espaços e, assim, percebeu-se que esse modelo seria visualmente mais funcional.

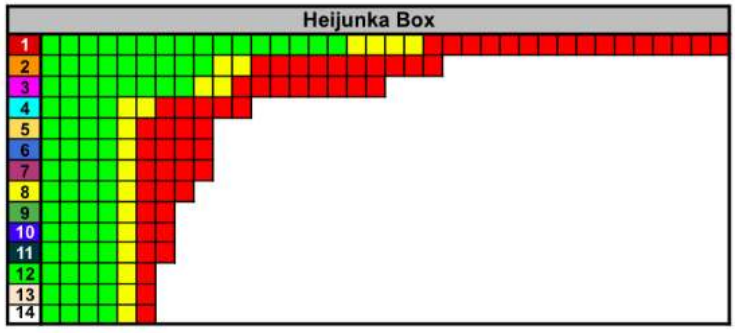
Definiu-se que o Quadro de Nivelamento seria divido em duas partes, a parte do controle de estoque e a parte do controle da produção, como mostrado no Apêndice 2 e no Apêndice 3. Trate-se de um quadro operado pelos próprios colaboradores da expedição.

As colunas do quadro de programação da produção foram divididas em cinco dias, independentes do dia da semana, pois levou-se em consideração neste caso um dia produtivo qualquer, uma vez que a planta não trabalha todos os dias. Para cada dia, consideraram-se dois turnos, de manhã e de tarde. E esses turnos foram divididos de acordo com o tempo de produção da batelada mínima determinada pela empresa, que são 1800 unidades. Sendo que a produção máxima de cada turno corresponde a 7200 unidades.

A parte de controle de estoques é classificada em três cores: verde, amarelo e vermelho. O objetivo é nunca atingir os níveis vermelhos de estoques, que são os estoques de segurança. Definiu-se que a faixa vermelha representaria sete dias de estoque, a amarela mais dois e que somadas, essas faixas representariam 55% do estoque total. Dessa forma foi possível determinar o tamanho da faixa verde. A tabela 1contida nos apêndices representa os dados utilizados para esses cálculos. Dividindo os valores encontrados pelo tamanho do cartão *Kanban* utilizado (450 unidades) encontrou-se o número de cartões para cada produto.

A Figura 2 representa o quadro de controle de estoque. Cada unidade do quadro representada equivale a um cartão *Kanban*. Portanto, o estoque máximo de cada produto é o total de cartões multiplicado pelo tamanho de cada cartão. Nesse quadro, os níveis de estoque são classificados nas três cores, verde, amarelo e vermelho, explicadas anteriormente.

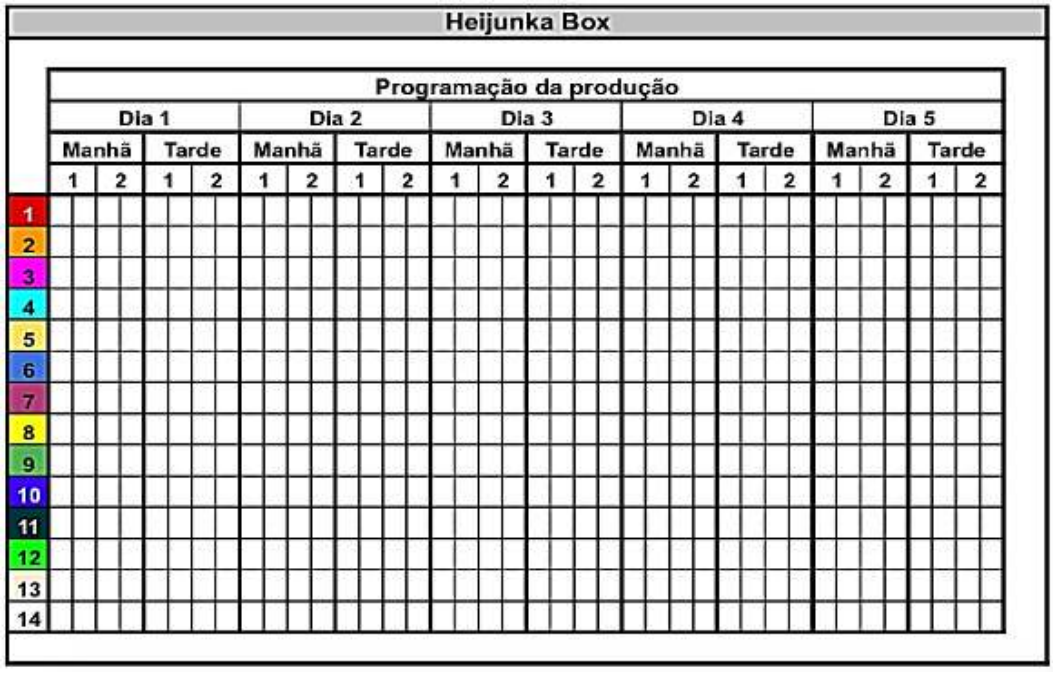
Figura 2 – Quadro para o controle de estoque.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 3 representa o quadro de controle da produção. Para cada unidade representada, o programador deve colocar no mínimo quatro cartões *Kanban*, uma vez que a batelada mínima é de 1800 unidades. Não é possível a produção de mais de um produto simultaneamente, e o número máximo de produtos a serem produzidos em um turno (manhã ou tarde) é dois. Estas restrições estão relacionadas a requisitos técnicos do processo de produção, que é predominantemente contínuo, e a questões de capacidades dos recursos/ tanques.

Figura 3 – Quadro para o controle da produção.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com o conceito *Lean Manufacturing* (ROTHER, M.; SHOOK, J., 2003), oito perguntas ajudam a construção do Mapa de Estado Futuro baseado na filosofia de Produção Enxuta. Essas perguntas e suas respectivas respostas estão apresentadas a seguir.

I. Qual é o *TAKT TIME*?

Resposta: *Takt time*= Tempo de trabalho por dia em segundos/ Demanda média diária (1)
Takt time = 27000s/ 15469 *sprays* = 1.74s/*spray*

II. Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?

Resposta: Para um supermercado de produtos acabados. Será implementado o sistema *Kanban* de um cartão. E os estoques mínimos para ativar a produção e de segurança serão contabilizados de acordo com o conceito de *Heijunka Box*.

III. Onde você pode usar o fluxo contínuo?

Resposta: Na operação de Envase, Rotulagem e Embalagem.

IV. Onde você precisará introduzir os sistemas puxados com supermercados a fim de controlar a produção dos processos fluxo acima? (Onde se pode implantar linhas FIFO ou "puxado sequenciado"?)

Resposta: Não foi preciso implementar supermercados entre os processos pois não existem estoques não-controlados entre operações. Foram colocadas linhas FIFO entre as três etapas da produção.

V. Em que ponto único da cadeia de produção ("processo puxador") você programará a produção? (Todas as transferências de material posteriores ao processo puxador precisam ocorrer em fluxo - FIFO)

Resposta: No setor de Expedição.

VI. Como você nivelará o *mix* de produção no processo puxador?

Resposta: Através do uso do Quadro de Nivelamento.

VII. Qual incremento de trabalho você liberará uniformemente do processo puxador?

Resposta: Como se trata de uma produção em bateladas, o incremento de trabalho liberado é o número de unidades por lote, que será definido pela quantidade de cartões presentes no quadro de nivelamento.

VIII. Quais melhorias serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do estado futuro?

Resposta: Algumas das melhorias que foram aplicadas são a implementação de *Kanban* no setor de Expedição e também a realização de *Kaizens* para verificar a possibilidade de reduzir o tempo de preparação da massa e também os tempos de setup. Outra mudança foi a realização limpezas menores e mais frequentes do chão de fábrica, não somente uma limpeza pesada por mês. Foram sugeridos também a realização de treinamentos dos funcionários, já que no centro de trabalho os funcionários revezam as tarefas.

A tarefa de Envase dos produtos, foi considerada a operação que mais demanda esforço repetitivo do funcionário, portanto sugeriu-se trocar mais frequentemente o funcionário desse posto de trabalho.

É importante a eficácia do fluxo de informações e do alinhamento entre os gestores de compras, vendas e produção. Principalmente, porque as melhorias propostas dinamizaram o ambiente produto. Antes a produção era menos flexível, com um giro de estoque de dois meses. Na proposição do mapa futuro, o novo giro de estoque seria em torno de 19 dias.

Outra sugestão seria a finalização da implementação do módulo de produção de um sistema ERP já adquirido pela empresa. Na situação observada, o ERP continha somente algumas informações no banco de dados.

Com base nas informações coletadas, também foi proposta uma melhoria para um antisséptico específico da família de 14 produtos. Este antisséptico é o único produto que precisa de embalagem adicional, diferente dos outros 13 produtos. Isso deve se ao fato de ser exigido por lei que ele contenha uma embalagem, não somente o *sleeve* em volta do produto. Na situação analisada, os funcionários encaixotavam os produtos manualmente, como todos os outros, logo após receberem a embalagem de *sleeve*. Mas em outro dia, dois funcionários retiravam esse produto específico das caixas, para colocá-los na embalagem correta, consumindo um dia de retrabalho. A melhoria sugerida foi a de adicionar, ao final da linha produtiva, um acumulador de produtos e utilizar mais dois funcionários, transferidos de outra tarefa, de modo a eliminar o dia de retrabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o caso analisado e dentro de condições de contorno observadas, buscou-se aplicar as proposições da Manufatura Enxuta de forma criteriosa. Uma das maiores dificuldades encontradas foi o fato de, na situação analisada, a produção ter uma demanda bem abaixo da capacidade produtiva da linha. Em um horizonte de um mês de trabalho, somente produzia-se o equivalente a sete dias. Procurou-se, então, fazer cálculos de lotes menores que permitissem a dinamização da linha produtiva. Outra mudança que permitiu também maior flexibilidade do processo, foi a introdução do *Kanban* no setor de Expedição. Além disso, foi proposto o nivelamento da produção, através da implantação de um quadro para o controle de estoque, o que garantiu melhor eficiência na distribuição das ordens de produção e permitiu uma maior autonomia dos funcionários para programarem a produção de acordo com a disponibilidade e demanda diária de cada produto. No mapa futuro, o tempo total de *lead time* ficou em torno de 19 dias, consideravelmente menor que o *lead time* da situação anterior de 71 dias. Portanto, considerando o panorama apresentado, buscou-se um ponto de equilíbrio diante do *trade-off* entre produção mais flexível com lotes reduzidos e menores tempos totais de *set up*, que seriam obtidos ao se produzir com grandes lotes.

O trabalho contribui para o corpo de conhecimentos existente ao apresentar uma aplicação do mapeamento de fluxo de valor e dos princípios enxutos em uma indústria que caracteristicamente trabalha com bateladas, desafiando os paradigmas tradicionais. Em termos práticos, a aplicação é voltada para uma empresa farmacêutica e de alimentos, ramos que tem importância estratégica para o Brasil. Assim, entende-se que este trabalho possa fornecer diretrizes gerenciais a outras empresas pertencentes a esses ramos, que tenham processos produtivos semelhantes.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção:** conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 1, p. 56-72, 2006.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção:** mais do que simplesmente Just-in-Time. Poduction, v.5, n. 2, p. 169-189, 1996.

GURUMURTHY, A.; KODALI, R. Application of benchmarking for assessing the lean manufacturing implementation. **An International Journal**, v.16, p. 274-308, 2009.

MAcCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F.A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems. **Production**, Planning & Control, v. 2, n. 5, p.481-496, 2000.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** além da produção em larga escala. São Paulo: Bookman, 1997.

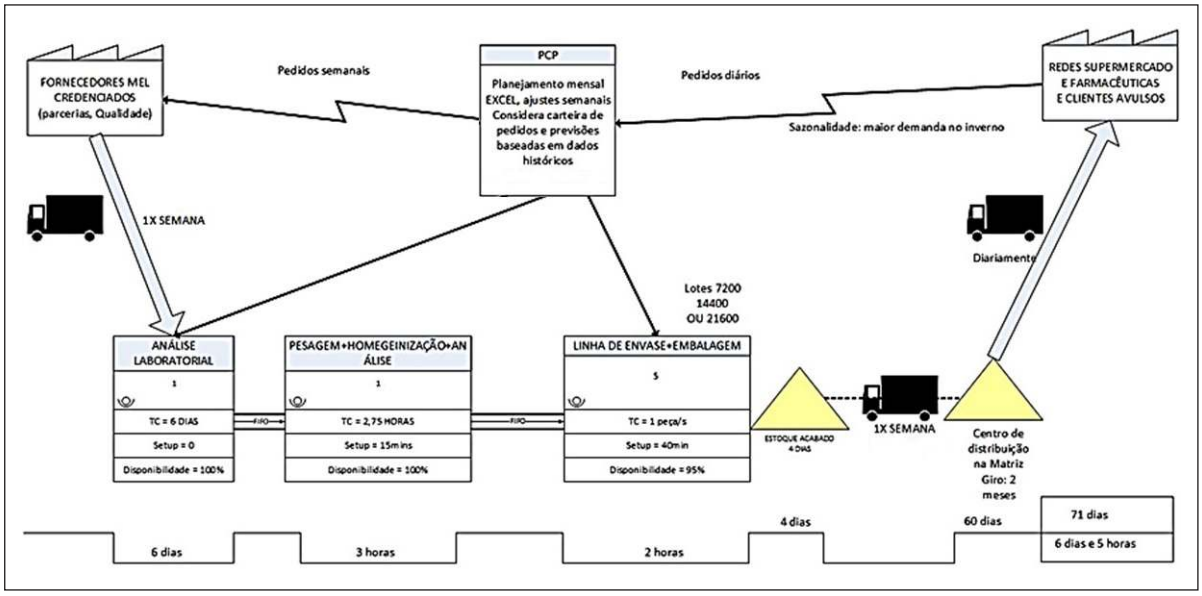
ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar:** mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

TARDIN, G. G.; LIMA, P. C. O papel de um Quadro de Nivelamento de Produção na produção puxada: um estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 20, 2000, São Paulo. **Anais...** XX ENEGEP, São Paulo, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. Macmillan Publishing Company, 1990.

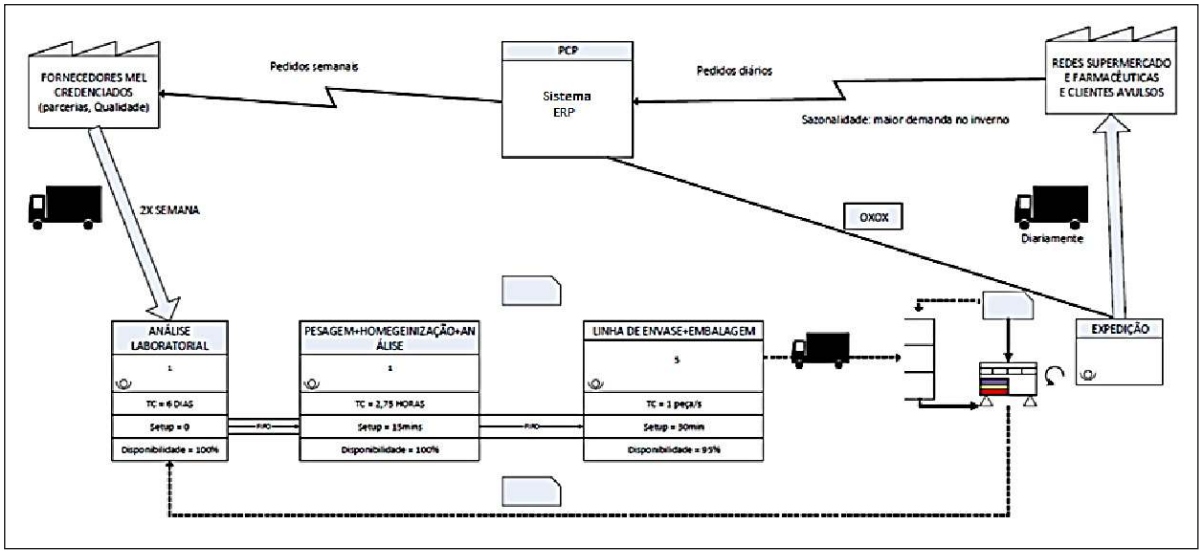
APÊNDICES

Apêndice 1 – Mapa de estado atual.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apêndice 2 – Mapa de estado futuro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Apêndice 3 – Tabela de cálculos dos cartões *Kanban* para o quadro de nivelamento da produção.

Familia spray	Demanda Anual	Demanda média diária	Tempo Disponivel por dia(s)	nº de unidades por cartão Kanban	Takt Time (s)	Pitch em horas (900) unidades	Faixa Verde (unidades)	Faixa Verde ajustada (batelada mínima de 1800)	nº de cartões na faixa verde	Faixa Amarela	nº de cartões na faixa amarela	Faixa vermelha (estoque de segurança)	nº cartões na faixa vermelha
1	268137	983	27000	450	28	7	6757	6757	16	1377	4	6881	16
2	158947	583	27000	450	47	12	4008	4008	9	817	2	4081	10
3	136464	500	27000	450	54	14	3437	3437	8	700	2	3500	8
4	84705	311	27000	450	87	22	2138	2138	5	436	1	2177	5
5	66458	244	27000	450	111	28	1678	1800	4	342	1	1708	4
6	54888	202	27000	450	134	34	1389	1800	4	283	1	1414	4
7	53832	198	27000	450	137	35	1362	1800	4	278	1	1386	4
8	49291	181	27000	450	150	38	1245	1800	4	254	1	1267	3
9	31984	118	27000	450	229	58	812	1800	4	166	1	826	2
10	25890	95	27000	450	285	72	653	1800	4	133	1	665	2
11	20189	74	27000	450	365	92	509	1800	4	104	1	518	2
12	16466	61	27000	450	443	111	420	1800	4	86	1	427	1
13	14214	53	27000	450	510	128	365	1800	4	75	1	371	1
14	6816	25	27000	450	1080	270	172	1800	4	35	1	175	1

Fonte: Elaborado pelos autores.