

SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA APLICADO À UMA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES LÍQUIDOS

F.G. M. PORTO^{1,2*}, M. B. SILVA², J. R. D. FINZER³

^{*1} Engenheiro na Satis Indústria e Comércio LTDA

² Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas

³ Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – *A redução de custos de produção vem sendo, atualmente, um tema muito procurado pelas empresas. O Sistema Toyota de Produção foi o primeiro programa a produzir através de uma demanda puxada, conseguindo aumentar o nível de qualidade dos produtos, trabalhando com estoque zero, gerando uma maior sustentabilidade no negócio automotivo japonês. A indústria de tecnologia em nutrição vegetal vem crescendo nos últimos anos no Brasil, sendo mais de 450 empresas no segmento e produzindo um faturamento na ordem de 5 bilhões de reais. O objetivo do trabalho foi aplicar a metodologia do lean manufacturing em uma fábrica de fertilizantes líquidos. Após aplicação, o tempo de produção foi reduzido em 33% e a capacidade produtiva foi duplicada.*

1. INTRODUÇÃO

A implantação de técnicas que forneçam maiores produções com menores custos é de suma importância para a sobrevivência do negócio. O argumento de uma produção enxuta foi adotado pelas organizações japonesas na década de 40, e geraram novos procedimentos para a excelência da produção, o que trouxe resultados significativos: redução de custos unitários, variedade de produtos, melhoria da qualidade e funcionários polivalentes. Várias pesquisas têm demonstrado que o modelo de produção enxuta, introduzido pela Toyota, é o sucessor do tradicional modelo fordista de produção em massa, sendo esse passível de aplicação em qualquer âmbito empresarial (FAVONI *et al*, 2013).

O *Lean manufacturing* (Manufatura enxuta ou LM) é uma das metodologias que mais foi adotada nos últimos tempos nas maiores empresas dos EUA, pois, além de aumentar a produtividade, também consegue tornar a organização mais competitiva num mercado cada vez mais global (ABDULMALEK & RAJGOPAL, 2006). No meio acadêmico, tem-se identificado que a implantação, total ou parcial, de alguns conceitos ou técnicas da produção enxuta, como:



Mapa do Fluxo de Valor, Trabalho Padronizado, Manutenção Preventiva Total, Troca Rápida de Ferramentas, Qualidade Total, *Kaizen*, entre outros, garantiram melhores resultados e maior economia nos processos produtivos, além dos ganhos operacionais e na performance do negócio (FAVONI *et al*, 2013).

A aplicação do LM consiste na união de ações contínuas que tem por objetivo especificar adequadamente o lucro sob a ótica do cliente final, excluindo atividades que geram desperdício e organizando as que geram valor para que aconteçam em um fluxo puxado pela demanda (SCHELLER; MIGUEL, 2014). Para uma melhor estruturação do escopo da produção enxuta, a utilização da metodologia *Kaizen* permite um maior ganho operacional, o que resulta em benefícios financeiros (GONÇALES FILHO; PIRES, 2017).

Desde o início das práticas da manufatura enxuta, o programa habitualmente foi de interesse de empresários e pesquisadores. Todavia, nem sempre as empresas conseguiram obter sucesso na implantação da produção enxuta. Alguns pontos essenciais, como a falta de direcionamento e planejamento, omitindo-se o fato do LM ser uma tarefa de longo prazo, são destacados por vários autores, o que se condensa, de modo geral, na falta de perspectiva estratégica para sua implementação (MEDEIROS *et al*, 2016).

Inicialmente desenvolvido e implantado no setor automotivo, muitas das ferramentas do LM já foram transplantadas para outros segmentos, como na indústria de eletrônicos e bens de consumo (ABDULMALEK e RAJGOPAL, 2006). Para o setor calçadista, não foi diferente, uma vez que apresenta um modelo de manufatura e ambiente industrial condizentes com a prática da produção enxuta. (SANTOS *et al*, 2017).

A indústria de tecnologia em nutrição vegetal é um nicho ainda pouco explorado pelos sistemas enxutos de produção, porém, representa grande participação no desenvolvimento do país, sendo 459 empresas do segmento que geraram mais de 17 mil empregos e um faturamento na ordem de R\$5,8 bilhões, além de R\$314 milhões investidos em P&D no ano de 2016 (ABISOLO, 2017).

Com o mercado em ascensão, tendo crescido mais de 26% entre 2014 e 2016, a implantação da manufatura enxuta na produção de fertilizantes especiais pode ser um fator de crescimento para empresas de todos os níveis. Sendo assim, o programa de melhoria contínua baseado no Sistema Toyota de Produção, e realizado através de ferramentas como o *Kaizen*, poderá proporcionar ao setor: redução de desperdícios e do risco ergonômico dos funcionários, aumento de produtividade e da competitividade do negócio.

Perante o contexto, o objetivo do presente trabalho é aplicar as metodologias do *Lean Manufacturing* através das ferramentas Brainstorming, diagrama de causa e efeito, cronoanálise e 5W2H numa fábrica de fertilizantes líquidos que realizam processo a quente, em que houve um alto investimento para o aumento da capacidade produtiva, porém, sem retorno real, onde as práticas atuais não atenderam a expectativa de expansão de volume esperada pela diretoria da empresa.

O cenário anterior ao investimento contava com um reator de 2,2 m³ acoplado a uma torre de resfriamento que o condicionava para fazer 3 bateladas por dia, ou seja, 6,6m³. Com a alta demanda de mercado, a diretoria da empresa em questão investiu em um equipamento de 5 m³, esperando produzir 2 bateladas diárias, 51% a mais que o modelo anterior. Contudo, não tendo modificado o sistema de resfriamento, a alta temperatura gerada no processo de fabricação de fertilizantes líquidos não pôde ser controlada com eficiência, causando uma produção 50% menor que a esperada. Portanto, sem aporte financeiro para adquirir um novo sistema, o lean manufacturing foi a melhor alternativa para a solução do problema.

2. FERTILIZANTES FLUIDOS

Para a produção de fertilizantes fluidos, pode-se destacar 2 processos mais conhecidos que são utilizados para a fabricação de soluções ou suspensões concentradas, sendo eles o processo de mistura a quente (*hot-mix*) e o processo de mistura a frio (*cold-mix*).

O *hot-mix* é conhecido dessa maneira porque envolve a reação de vários componentes químicos, como amônia anidra e ácido fosfórico, fontes de N e P, e libera energia na forma de calor, sendo esta uma reação exotérmica, exemplificado na Figura 1 (BICHARA, 1990).

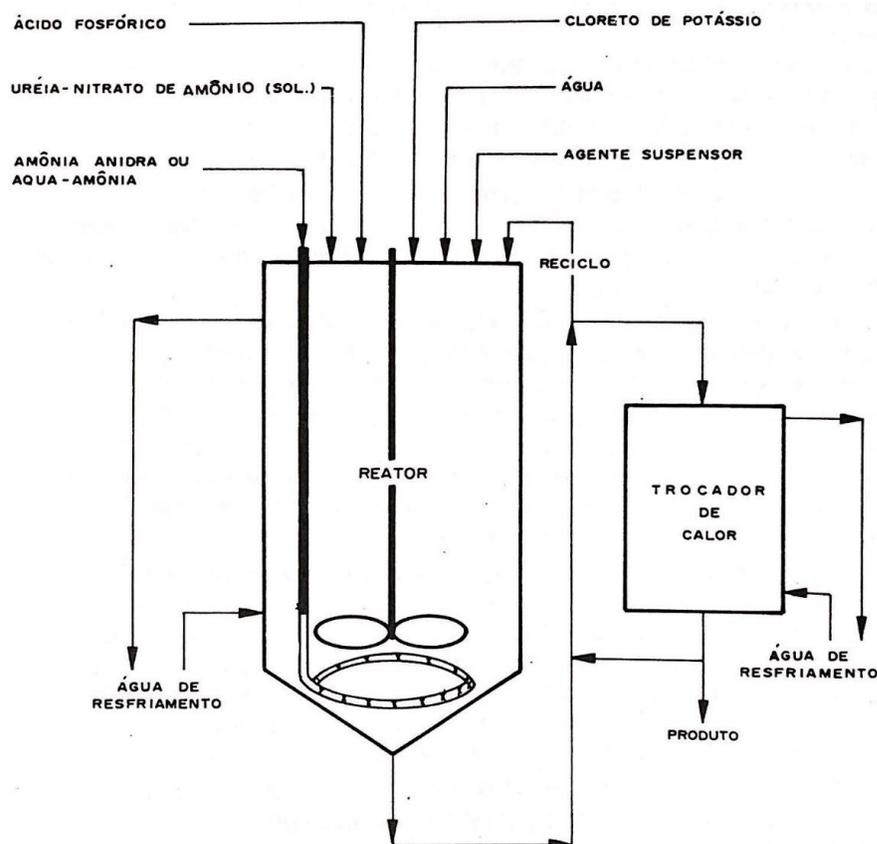


Figura 1 - Processo hot-mix (BICHARA, 1990).



Já o *cold-mix*, não gera energia na forma de calor, contextualizando-se apenas na mistura de componentes sem reações exotérmicas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

a. *Brainstorming*

O *Brainstorming* é um método de trabalho em grupo que auxilia no surgimento de novas ideias sobre um determinado assunto (ou problema). Além disso, a ferramenta também pode estimular a criatividade da equipe, o que gera uma série de soluções para os temas em questão.

O modelo de estruturação do *brainstorming* consiste em 5 passos principais: apresentação do problema, livre exposição de ideias, escrever as ideias apontadas, reformulação dessas ideias, e por fim, avaliação das propostas levantadas.

Além desse caminho, é importante ressaltar que deve ser escolhido um líder para moderação da reunião e que o ambiente deve ser leve, sem excesso de controle por parte do coordenador (POSSARLE, 2014).

b. Diagrama de causa e efeito (DCE)

O DCE consiste em um gráfico estilo espinha de peixe, onde o eixo central (seta) aponta para a consequência das causas, que são representadas pelas ramificações desse eixo. Comumente, os elementos das causas são: mão de obra, meio ambiente, máquinas, método, materiais e medida.

Para elaboração, devem-se seguir os seguintes passos: definição do problema a ser analisado, levantamento de todas as causas e, por fim, apresentar esses dados através do modelo sugerido para essa ferramenta (COLENGHI, 2003).

Após ter o problema em mãos, é necessário realizar um *brainstorming*, pois garantirá precisão na determinação das causas. E, por diante, organizar as mesmas nas suas respectivas categorias.

c. Estudo de tempos e atividades AV e NVA

O estudo de tempo é um dos métodos mais utilizados em fábricas para medir o trabalho. Essa ferramenta auxilia medir a eficiência individual, com o objetivo de estabelecer padrões para a produção e um maior controle dos custos industriais.

A aplicação dessa ferramenta pode ser realizada através da carta de AV e NVA. Consiste em uma AV uma atividade que agrega valor, ou seja, uma operação que o cliente final

remuneraria a empresa por ela. Portanto, NVA, definida como atividade que não agrega valor, seria aquela que o cliente final acredita ser onerosa.

Na indústria há ainda a atividade VSA, que seria a atividade que tem um valor semi-agregado. Nesse caso, consideraríamos uma VSA uma tarefa que pode se tornar VA através de investimento em máquinas e equipamentos que reduziriam o tempo de processo.

A apresentação desse parâmetro pode ser realizada através de uma tabela ou gráfico controle, demonstrando o percentual ou de forma numérica os tempos de VA, NVA e VSA. Isso possibilita uma visão estratégica da produção, podendo servir como base para tomada de ações (MARTINS, 2005).

d. 5W2H

Essa ferramenta é um documento que, de forma objetiva, define ações e responsabilidades de quem realizará, através de questões (5W2H) que tem a capacidade de orientar as atividades que deverão ser implementadas.

As questões referentes aos 5W são: *what, why, where, when, who*, que, em português, representam: o que, porque, onde, quando e quem. E aos 2H: *how, e how much*, que, do mesmo modo, como fazer e quanto irá custar (POSSARLE, 2014).

Esse método pode ser apresentado por meio de uma tabela, com as questões a serem respondidas, ações a serem tomadas, responsáveis por ela, área em que serão executadas, quando e como serão executadas e qual o custo dessa ação.

e. Relação Benefício/Custo

A relação benefício/custo é um indicador para verificar o quanto a empresa obteve de retorno por cada R\$1 investido, e será calculado através do somatório de todos os retornos financeiros que a empresa conseguirá em 1 ano dividido pelo somatório dos investimentos realizados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução do brainstorming, realizou-se a análise de causa através do diagrama de causa e efeito, determinando então o problema raiz, sendo a baixa produção de diária, que é causado pelo alto tempo para se formular o produto conforme as atividades descritas na Figura 2.

Para o estudo de tempos, utilizou-se a ferramenta da cronoanálise aplicada a determinação de AV, NAV e VSA, e obteve-se o resultado demonstrado na Figura 3. Nesse contexto, é possível verificar que as atividades que mais demandam tempo para a formulação do produto são: filtração do produto acabado e busca e posicionamento da sacaria de matérias-primas. A Tabela 1 detalha toda cronoanálise do processo de formulação.

A Tabela 1 demonstra que a etapa de produção tem 63,4% de atividades com valor agregado, enquanto para valor não agregado, tem-se um percentual de 21,3%. Na indústria e em projetos de lean manufacturing, é adotado um valor de 88% para AV e 12% para NVA.

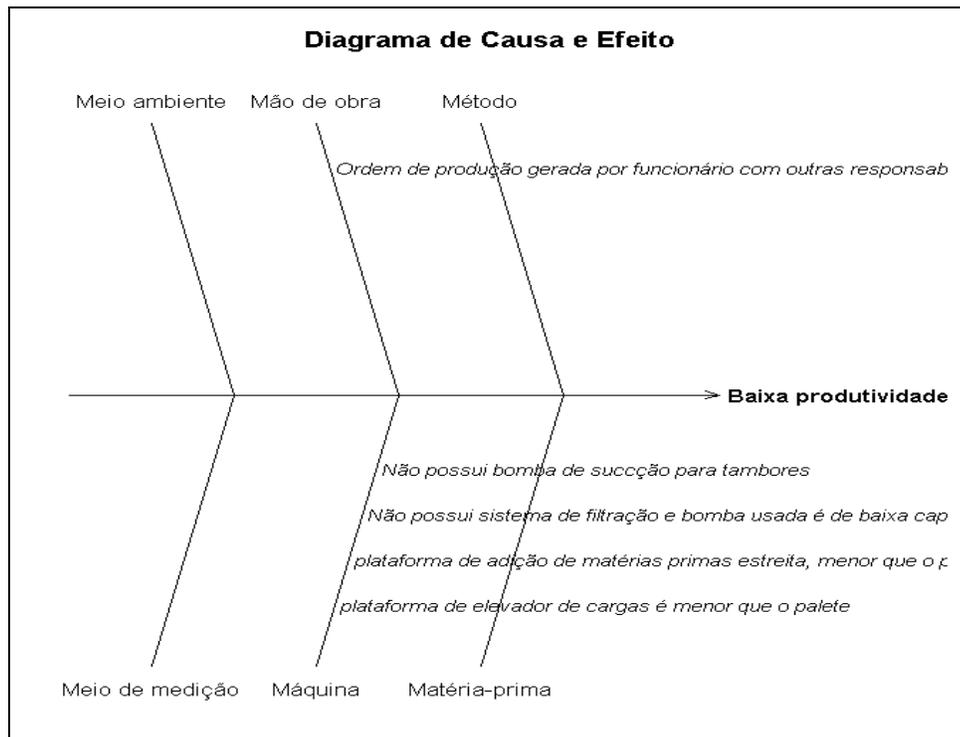


Figura 2 – Diagrama de causa e efeito

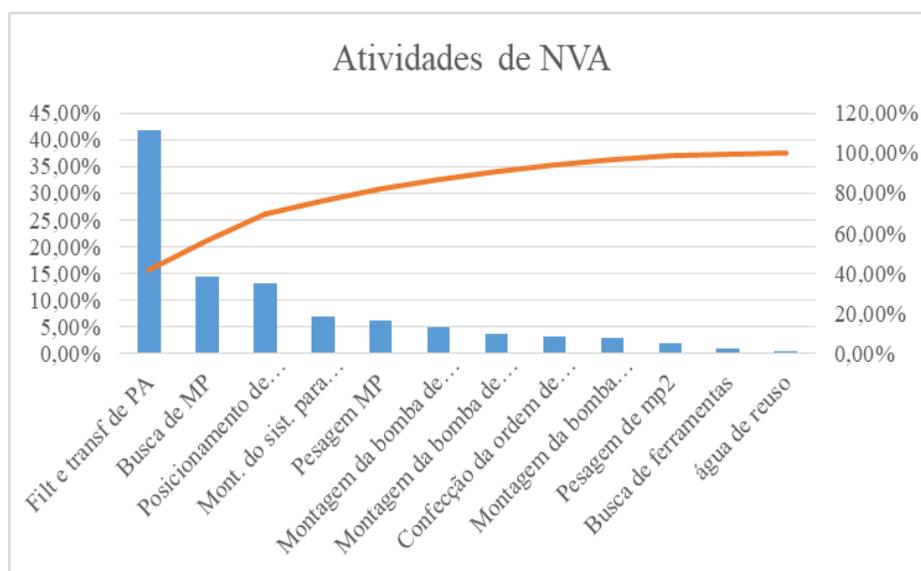


Figura 3 – Gráfico de pareto para as atividades de valor não agregado.



Tabela 1 – Cronoanálise do processo de formulação antes da melhoria

Setor	Descrição da atividade	tempo da atividade (min)	Antes da melhoria		
			VA	VSA	NVA
Produção	Confecção da ordem de produção	4,83			4,83
Produção	Abastecimento da água	17,32	17,32		
Produção	Montagem da bomba de transferência de água	5,50			5,50
Produção	Buscar container de água de reuso	0,50			0,50
Produção	Montagem da bomba transferência de MP	4,33			4,33
Produção	Busca de MP	22,10			22,10
Produção	Pesagem MP	9,26			9,26
Produção	Adição de água para solução da mp1	10,66	10,66		
Produção	Adição de água para solução da mp2	6,46	6,46		
Produção	Busca de ferramentas	1,50			1,50
Produção	Adição da mp3	15,62	15,62		
Produção	Posicionamento de sacaria da mp1	20,03			20,03
Produção	Adição da mp1 ao tanque para preparo da solução	30,05	30,05		
Produção	Bombeamento da mp4	25,01	25,01		
Produção	Mont. do siste. para adição da solução da mp1 ao reator	10,63			10,63
Produção	Adição da mp2 para preparo da solução	7,00	7,00		
Produção	Adição da solução da mp2 ao reator	115,75	115,75		
Produção	Pesagem da mp5	2,96			2,96
Produção	Adição solução da mp2 e da mp5	6,32	6,32		
Produção	Resfriamento do produto	30,00	30,00		
Produção	Montagem da bomba de transferência de PA	7,43			7,43
Produção	Filtração e transferência de PA	64,00		64,00	

Diante dos dados, é possível determinar que o tempo necessário para produzir 1 batelada de 5m³ de produto é de 6h. Considerando um turno de 8h45min, que é o realizado pela empresa, a produção fica delimitada nesse volume. Portanto, foi definido então um plano de ação baseado na metodologia do 5W2H, onde o objetivo foi reduzir os tempos dos 3 itens com maior morosidade no setor de produção para que seja possível produzir, ao menos, 10 m³ por dia, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Plano de ação

O que?	Quem?	Onde?	Quando?	Por quê?	Como?	Quanto?
Aumentar a plataforma do elevador	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Para facilitar o posicionamento da sacaria via empilhadeira	Contato com fornecedor de manutenção	R\$ 15.250,00
Adquirir filtro e bomba com vazão proporcional a necessidade	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Todo início de processo	Contato com fornecedores de bombas e filtros	R\$ 19.520,00
Reprojetar a plataforma	Engenheiro da fábrica	Produção	ago/18	Para facilitar o posicionamento da sacaria via empilhadeira	Contato com fornecedor de manutenção	Incluso no item 1
Realizar planejamento de produção	Gerente de Produção	Produção	ago/18	Planejar um dia antes o que será produzido no dia seguinte	Realizar treinamento de planejamento e controle da produção	R\$ 800,00

Após a realização das melhorias, atendendo então o prazo estipulado, novamente realizou-se a cronoanálise, e então, obteve-se o seguinte resultado, conforme Tabela 3:

Tabela 2 – Cronoanálise do processo de formulação depois da melhoria

Setor	Descrição da atividade	tempo da atividade (min)	Depois da melhoria		
			VA	VSA	NVA
Produção	Adição mp1	15,33	15,33		
Produção	Busca de materiais	1,43			1,43
Produção	Pesagem do restante de mp1	1,49	1,49		
Produção	Preparação mp2	22,73	22,73		
Produção	Adição mp3	27,0	27,00		
Produção	Limpeza da linha da mp3	5,00			5,00
Produção	Resfriamento da mistura primária	22,0		22,00	
Produção	Adição mp4	9,0	9,00		
Produção	Adição mp2	110,0	110,00		
Produção	Resfriamento produto final	44,0	44,00		
Produção	Filtração e bombeamento	15,0		15,00	

Observa-se que, com o processo alterado, as atividades AV representam 84%, VSA, 14%, e, por fim, NVA, apenas 2%. Na Figura 4 é possível realizar o comparativo entre o processo antes e depois.

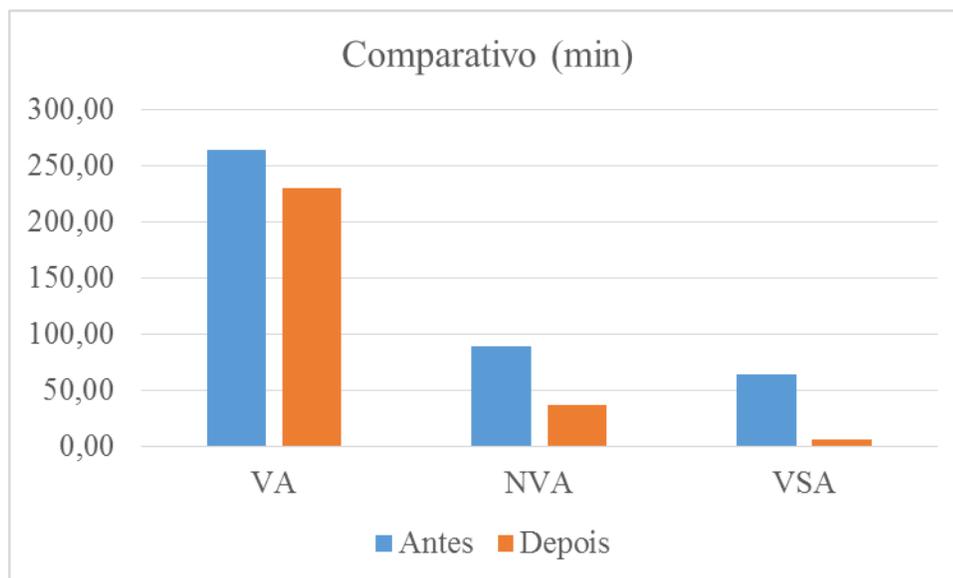


Figura 4 – Gráfico comparativo entre VA, NVA e VSA de antes e depois das melhorias

Desse modo, o tempo total para formulação do produto passou a ser de 4h, o que possibilita a produção de 10m³ por dia, num turno de 8h45min. A avaliação de benefício/custo pode ser realizada levando em consideração que 1 litro de produto que gera uma receita média de R\$3,00, numa produção de 5m³ a mais do que estava instalado, por dia, em 20 dias por mês e em 12 meses por ano, resultando em um retorno de R\$101,20 para cada R\$1,00 investido.

5. CONCLUSÃO

Perante ao exposto, conclui-se que a aplicação da metodologia do Lean Manufacturing em indústrias de nutrição vegetal é extremamente viável, pois ocasionou um aumento de 100% da capacidade produtiva e um retorno financeiro na ordem de R\$100/1. Além disso, pode-se notar a redução no número de atividades realizadas para a formulação do produto, o que gera um menor esforço físico por parte dos funcionários e ganho na ergonomia do ambiente de trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ABDULMALEK, F. A; RAJGOPAL, J.; Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *Int. J. Production Economics*, 107, 223–236. 2007.

BICHARA, J. M; Tecnologia de produção de fertilizantes. Cap. 6. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990.

COLENGHI, V. M; O&M e qualidade total: uma interpretação perfeita / Vitor Mature Colenghi – 2. Ed – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

FAVONI, C; GAMBI, L.N; CARETA, C. B; Oportunidades de implementação de conceitos e ferramentas de produção enxuta visando melhoria da competitividade de empresas do apl calçadista de jaú/sp. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 13, n. 3, p. 1118-1142, jul./set. 2013.

MARTINS, P. G; Administração da produção / Petrônio G. Martins, Fernando P. Laugeni – 2. Ed. rev., aum. e atual – São Paulo: Saraiva, 2005.

MEDEIROS, N. C; SANTOS, L. C; GOHR, C. F; TOMÉ, F. S; Recursos estratégicos para a produção enxuta: um estudo de caso no setor de manufatura eletrônica. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 16, n. 4, p. 1309-1328, out./dez. 2016.

GONÇALES FILHO, M., PIRES, S. R. I., 2015. Os principais passos adotados na aplicação de kaizen em fabricante de componentes industriais seriados. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v.17, n. 4, p. 1160-1178, 2017.

POSSARLE, R.; Ferramentas da qualidade / Roberto Possarle. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

SANTOS, L. C; GOHR, C. F; GONÇALVES, J. M. S; VILAR; F. M. M; ARNAUD, L. M; Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 17, n. 1, p. 176-199, jan./mar. 2017.

SCHELLER, A. C., MIGUEL, P. A. C., 2014. Adoção do Seis Sigma e Lean Production em uma Empresa de Manufatura. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p.1316-1347, out./dez. 2014.