



FILOSOFIA *LEAN*: ESTUDO SOBRE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL E PRODUÇÃO ENXUTA

Luiz Felipe Nardini Campana^{*a}.

^a Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste - SP

RESUMO

Esta pesquisa possui como objetivo uma revisão da literatura sobre a filosofia de produção enxuta e a manutenção produtiva total e seus impactos nos empreendimentos. Há o interesse em verificar se as pesquisas disponíveis investigam essas iniciativas separadamente, em vez de abordar o papel significativo da manutenção produtiva total como um dos principais impulsos na filosofia lean, visando mitigar os desperdícios ligados a problemas de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE:

produção enxuta,
manutenção produtiva total.

INTRODUÇÃO

O processo de manutenção das máquinas para garantir sua eficiência, disponibilidade e confiabilidade, hoje em dia, torna-se cada vez mais importante para as organizações, pois impacta diretamente na qualidade, custo e entrega dos produtos ou serviços. Com a crescente dependência de tecnologias para a maioria das operações dos negócios, é vital desenvolver estratégias adequadas de manutenção e confiabilidade para garantir que essas organizações sejam capazes de fornecer serviços confiáveis e de alta qualidade a seus clientes (MADU, 2000).

A metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM) é um procedimento comprovado e bem-sucedido para introduzir considerações de manutenção nas atividades. O TPM busca a sinergia de toda a equipe, dentro de seu próprio departamento e entre os demais de uma organização para maximizar a eficácia geral do equipamento de produção. Sendo assim, envolvendo a equipe de produção e manutenção trabalhando em conjunto para reduzir o desperdício, minimizar o tempo de inatividade para melhorar a qualidade do produto final. O TPM coloca a manutenção em foco como uma parte necessária e vital do negócio. (ETI et al., 2004).

A filosofia de Produção Enxuta (LM) tem como objetivo reduzir os custos operacionais através da eliminação de todos os tipos de desperdícios. A LM tem uma aplicação generalizada, podendo abranger todos os aspectos das funções de fabricação, desde o desenvolvimento do produto, aquisição e fabricação até a distribuição (WOMACK, et al., 1990). O conceito de produção enxuta tornou-se dominante na maioria das organizações (KARLSSON e AHLSTROM, 1996) e muitas organizações estão adotando-a para manter sua vantagem competitiva no mercado doméstico e internacional.

Esta pesquisa científica visa verificar trabalhos disponíveis na literatura referentes a filosofia de produção enxuta e manutenção produtiva total.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fundamentação Teórica

* Autor para correspondência:
Luiz Felipe Nardini Campana
e-mail: luizfcampana@hotmail.com

Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total pode ser definida como a manutenção realizada por todos os funcionários através de atividades de pequenos grupos e pode ser vista como manutenção de equipamentos executada em toda a empresa (NAKAJIMA, 1988).

Segundo Ahuja (2008) e Hartmann (1992) os objetivos principais do TPM podem ser definidos como zero avaria, zero defeitos, zero acidentes e zero desperdício.

Desta forma, com a estratégia de eliminação de defeitos e avarias, as taxas de operação melhoram, aumentando a produtividade do trabalho e reduzindo os custos (NAKAJIMA, 1988).

Produção enxuta

A produção enxuta foi inicialmente desenvolvida pela Toyota com foco na eliminação de resíduos em todas as formas, incluindo defeitos que exigem retrabalho, etapas de processamento desnecessárias, movimentação desnecessária de materiais ou pessoas, tempo de espera, excesso de estoque e superprodução (EVANS e LINDSAY, 2005; WOMACK et al., 1990; MONDEN 1983); desta forma, como consequência, reduz os custos operacionais.

Assim, na filosofia *Lean*, o desperdício é tudo que não agrega valor ao produto ou serviços (WOMACK e JONES, 1996; MONDEN, 1983).

Logo, com a eliminação do desperdício, em última análise, há um aumento de valor para os sistemas de produção, produzindo um produto de boa qualidade visando a satisfação dos clientes (MOAYED e SHELL, 2009; SANCHEZ e PEREZ, 2001).

Revisão da literatura

Sendo a manutenção produtiva total e o gerenciamento da qualidade total duas iniciativas de manufatura enxuta usadas pelos gerentes de fábricas para melhorar as capacidades operacionais. Sahoo e Yadav (2018) investigam os efeitos de práticas *lean* autônomas e pacotes enxutos no desempenho dos negócios de manufatura. A pesquisa estabelece os efeitos em longo prazo dos pacotes enxutos para melhorar significativamente o desempenho dos negócios de manufatura, em comparação com as práticas enxutas independentes. Descobertas adicionais do estudo revelaram a importância da duração da produção enxuta em operação para atingir níveis mais altos de desempenho de negócios de manufatura.

Na pesquisa de Garza-Reyes (2018) é analisado o efeito desses métodos e ferramentas da filosofia *lean* no desempenho ambiental, uma vez que pesquisas empíricas limitadas foram conduzidas nesse campo. Desta forma, o impacto de cinco métodos enxutos essenciais é analisado: JIT, autonomização, melhoria contínua / Kaizen, manutenção produtiva total (TPM) e mapeamento de fluxo de valor (VSM); em quatro medidas comumente utilizadas para a conformidade do desempenho ambiental, ou seja, material uso consome de energia, saída não-produto e liberações de poluentes.

Na pesquisa de Vrier & Poll (2018) é estudado a formação de equipes celulares e organizacionais para transformações *Lean* eficazes. Visando responder a pergunta científica sobre o trabalho em equipe ser considerado essencial para organizações *Lean* eficazes; como e por que as equipes são formadas durante uma transformação *Lean* bem-sucedida em relação às mudanças na estrutura organizacional. Para realização deste trabalho, construtos para variáveis e fatores que influenciam a formação de equipes, durante e após a maturidade da transformação *Lean*, foram identificados e analisados.

Tayyab & Sarkar (2016) foi estudado a quantidade ideal do lote em um sistema de produção enxuta multiestágio mais limpo com taxa de defeito aleatória. Pois o tamanho ideal do lote reduz a variabilidade no processo de manufatura enxuta com custos de sistema minimizados. Simplifica o agendamento, melhora a qualidade, reduz os estoques e melhora continuamente o processo de produção. Por conta disso, a determinação do tamanho ótimo do lote é a área de interesse dos pesquisadores, com o objetivo de reduzir os estoques e os custos relacionados ao sistema. A proporção de itens defeituosos pode ser reduzida através de melhorias contínuas na confiabilidade do processo de produção através da execução de várias técnicas de manufatura enxuta, alistando a manutenção produtiva total no mais alto nível.

A investigação sobre práticas de implementação *lean-green* (enxuta-sustentável) em empresas de pequeno e médio porte indianas usando abordagem de processo de hierarquia analítica (AHP) foi o tema de pesquisa de Thanki, Govindan e Thakkar (2016). A

manutenção produtiva total é identificada como a prática lean mais importante, enquanto a ISO 14001 é a prática sustentável mais significativa.

Wickramasinghe e Perera (2016) tem seu estudo sobre o efeito das práticas de manutenção produtiva total no desempenho de fabricação de têxteis e vestuários. Os resultados mostram que todas as práticas de TPM têm relação positiva e significativa com o desempenho de fabricação e melhoram significativamente a relação custo-benefício, a qualidade do produto, a entrega no prazo e a flexibilidade do volume.

O objetivo da pesquisa de Birkie (2016) é investigar a relação entre sinergia / *trade-off* entre paradigmas de resiliência enxuta e operacional na ruptura. O *Lean* e a resiliência são operacionalizados com conjuntos de práticas e funções principais, respectivamente. Os resultados mostram que as relações de sinergia entre a resiliência operacional e a redução das perdas de desempenho compensam o *trade-off*. As práticas enxutas de manutenção produtiva total e JIT parecem ser as principais fontes para o *trade-off*; há uma sinergia limitada alavancada na capacidade antecipada (sensorial) da resiliência operacional.

Chlebus et al. (2015) apresenta os resultados da adaptação dos métodos *Lean Manufacturing* às condições da indústria de mineração. A pesquisa foi realizada no âmbito do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento "Adaptação e implementação de Lean nas minas de cobre." O estudo centra-se sobre as principais questões relacionadas com a Manutenção Produtiva Total. O TPM em uma mina, de acordo com a abordagem dos autores, deve ser baseado em 3 pilares principais: melhoria do ambiente de trabalho, manutenção autônoma e planejada e padrões de desenvolvimento.

A pesquisa de Chiarini (2014) tem como principal objetivo a investigação das ferramentas de Produção *Lean* e se estas podem ou não ajudar a reduzir os impactos ambientais das empresas de manufatura. A pesquisa é baseada na observação empírica de cinco empresas europeias que fabricam componentes de motocicletas e que também estão comprometidas com a gestão enxuta e ambiental. Os impactos ambientais dos processos de produção das cinco empresas foram observados e medidos antes e depois da implementação de cinco ferramentas Lean: Mapeamento do Fluxo de Valor, 5S, células de fabricação, troca de um minuto de matriz e manutenção produtiva total.

Na pesquisa de Ghosh (2012) foi examinado o estado atual da adoção da filosofia enxuta nas fábricas indianas e seu impacto no desempenho operacional. Como a manufatura enxuta é um construto multidimensional, os resultados demonstram que aproximadamente 80% dos entrevistados implementaram muitas dimensões de foco enxuto nas necessidades do cliente, sistema de extração, redução do tempo de configuração, manutenção produtiva total, desempenho do fornecedor, controle estatístico do processo, e resolução de problemas entre departamentos. As métricas operacionais melhoraram em todas as contas: alta produtividade, lead time reduzido, melhor saída correta de primeira passagem, inventário reduzido e necessidade de espaço. Curiosamente, os entrevistados indicaram que a saída correta de primeira passagem, o lead time de fabricação reduzido e o aumento da produtividade são os três principais impulsionadores da implementação enxuta.

Pequenas e médias empresas precisam se manter competitivas na competição global que é amplamente controlada por empresas de grande porte. A busca de novas fontes de receita e a implementação de novas iniciativas de redução de custos devem ser adotadas pelas pequenas e médias empresas. Para sustentar suas vantagens competitivas, uma dessas medidas é a aplicação do sistema de manufatura enxuta (AJIBOYE, ALABI e ADEDOKUN, 2012). Desta forma, a pesquisa de Ajiboye, Alabi e Adedokun (2012) tem como objetivo a aplicação dos princípios de manufatura enxuta a pequenas e médias indústrias na Nigéria. Este estudo primeiro descreve a origem e os conceitos, especificamente o conceito de mapeamento do fluxo de valor do sistema de produção enxuta para identificar como esse sistema pode ser aplicado. O resultado deste estudo demonstra que a aplicação do sistema de produção enxuta em indústrias de pequena escala pode reduzir o desperdício e aumentar os valores para os clientes.

A pesquisa presente no artigo de Rolfsen e Langeland (2012) tem como objetivo investigar como o trabalho em equipe contribui para o sucesso da prática de manutenção dentro do trabalho de manutenção em um ambiente industrial. Os resultados sugerem que, embora a manutenção produtiva total seja originalmente um conceito de base tecnológica, as explicações para o sucesso ou o fracasso são principalmente organizacionais, apontando para o estilo de gerenciamento, colaboração entre manutenção e produção, envolvimento e trabalho em equipe. Este estudo de caso mostra que um alto grau de autonomia da equipe foi um importante contribuinte para o sucesso; um ponto não enfatizado anteriormente na literatura.

Na indústria farmacêutica, os sistemas para melhorar a eficácia operacional e a eficiência estão se tornando cada vez mais populares. Desta forma, na pesquisa de Friedli, Goetzfried e Basu (2010) os desenvolvimentos nas melhorias da indústria em eficiência operacional e eficiência foram analisados. A análise é dividida de acordo com os quatro subsistemas: Manutenção Produtiva Total, Gestão da Qualidade Total, Just-in-Time e o Sistema de Gestão. As empresas farmacêuticas assumiram o controle de sua antiga utilização de ativos baixos e conseguiram melhorar a eficiência de seus sistemas de qualidade. Assim, é possível concluir que a maioria das empresas ainda está trabalhando no lado da eficácia, em vez de se concentrar no lado da eficiência.

Bonavia e Marin (2006) determinaram o grau de uso de algumas das práticas mais representativas de produção enxuta na indústria espanhola de revestimentos cerâmicos, sua relação com o tamanho da planta e seu efeito no desempenho operacional das empresas do setor. No setor em estudo, há um conjunto de práticas que ainda não foram implementadas (tecnologia de grupo, kanban, redução do tempo de instalação, desenvolvimento de funcionários multifuncionais e fábrica visual) e outro conjunto cujo uso é bastante difundido (padronização das operações, manutenção produtiva total e controle de qualidade).

Emiliani (1998) define que muitos fabricantes estão avaliando criticamente todas as atividades e processos por sua eficácia em trazer o máximo valor para o cliente. As técnicas intuitivas de gerenciamento de fábrica de ontem estão sendo substituídas por métodos muito mais simples, geralmente contra-intuitivos, que minimizam muito os atrasos, reduzem custos e melhoram a qualidade. Esse conjunto de conhecimento e prática é amplamente conhecido como "fabricação de classe mundial" ou "manufatura enxuta" e abrange ferramentas de melhoria contínua bem definidas, como kaizen, fabricação de celulares, sistemas pull, manutenção produtiva total e fábrica visual. Assim, O autor descreve a aplicabilidade de ferramentas de melhoria contínua e o modelo serve como base para aqueles que estão familiarizados com métodos de fabricação de classe mundial para se concentrar em esforços de auto-aperfeiçoamento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Metodologia de Pesquisa científica

A metodologia científica utilizada neste trabalho foi a revisão bibliográfica do tema proposto, neste caso a atuação da manutenção produtiva total dentro da produção enxuta. Desta forma, as duas palavras-chave (**produção enxuta, manutenção produtiva total**) do tema foram pesquisadas na base de dados Scopus. Como o interesse desta revisão é analisar o cenário da manutenção produtiva total diante a filosofia *Lean*, é interessante verificar o crescimento do volume de publicação de todos os artigos disponíveis nesta base de dados.

Na Figura 1, é possível verificar o volume de artigos publicados diante pesquisa na base de dados Scopus. Diante todos os artigos disponíveis, o mais antigo foi datado de 1998. Desta forma, uma janela de 20 anos foi utilizada e foi verificado um total de 24 artigos. A parametrização desta busca utilizou como restrição somente artigos de revista publicados na categoria “*Articles*” e com as palavras-chave: lean production e total productive maintenance. Estas palavras-chave foram buscadas dentro do título, resumo e palavras-chave dos artigos (*title, abstract and keywords*). Como restrição também, foi excluído da pesquisa revistas com foco em publicação de artigos de congresso (“*Procedia*”) e artigos que não estavam no idioma inglês. Desta forma, temos o termo de busca final:

(TITLE-ABS-KEY ("lean production") AND TITLE-ABS-KEY ("total productive maintenance")) AND DOCTYPE (ar) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))

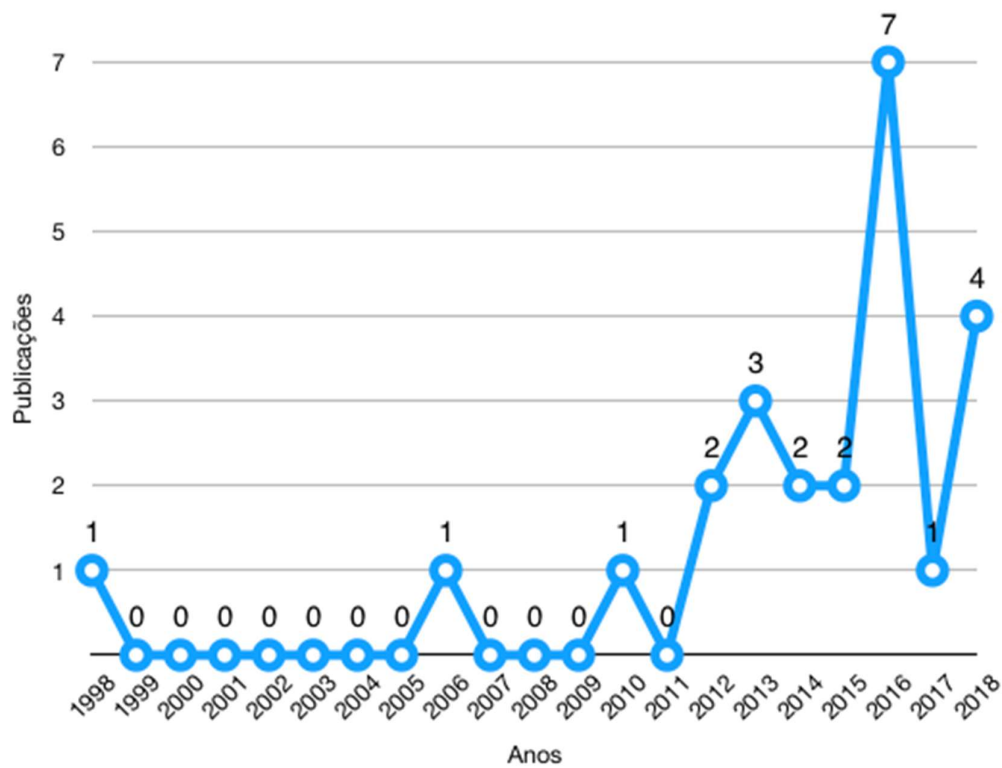


Figura 1 - Publicações ao longo do tempo (Pesquisa realizada na base de dados Scopus)

Desta forma, é possível verificar na Tabela 1 as revistas presentes na pesquisa e o volume de artigos por revista.

Tabela 1 - Revistas Internacionais e resultado de volume de publicações (Pesquisa realizada na base de dados Scopus)

Nome da Revista	Número de artigos na pesquisa
International Journal Of Production Research	3
Journal Of Cleaner Production	3
Journal Of Manufacturing Technology Management	3
Archives Of Civil And Mechanical Engineering	1
Employee Relations	1
International Journal Of Business Performance Management	1
International Journal Of Computer Integrated Manufacturing	1
International Journal Of Lean Six Sigma	1
International Journal Of Operations And Production Management	1
International Journal Of Production Economics	1
Journal Of Engineering And Applied Sciences	1

Tabela 1 - Revistas Internacionais e resultado de volume de publicações (Pesquisa realizada na base de dados Scopus)

Journal Of Pharmaceutical Innovation	1
Journal Of Workplace Learning	1
Metalurgija	1
Middle East Journal Of Scientific Research	1
Production And Manufacturing Research	1
South African Journal Of Industrial Engineering	1
Total Quality Management And Business Excellence	1

No total, 24 artigos foram extraídos da pesquisa realizada na base de dados. Destes 24 artigos, em 9 não foi possível acessar a obra em completo, na grande maioria sendo os artigos na base da Taylor & Francis Online.

CONCLUSÕES

Foi verificado diante a revisão da literatura que os resultados da adoção das práticas TPM foram satisfatórias e significativas no desempenho de fabricação. Impactos positivos na relação custo-benefício, a qualidade do produto, a entrega no prazo e a flexibilidade do volume.

Desta forma, mesmo em trabalhos que várias abordagens *Lean* são aplicadas, o TPM tem sempre destaque, sendo uma das estratégias que mais favorece no resultado.

É observado também o papel da produção enxuta com a TPM em empresas de pequeno e médio porte, a fim de alavancar a competitividade no mercado internacional diante grandes empresas.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais para a CAPES e a UNIMEP diante suporte no desenvolvimento desta pesquisa científica.

REFERÊNCIAS

- Ahuja I.P.S., Khamba, J.S., (2008), Total productive maintenance: Literature review and directions, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.25 No.7, pp. 709-756.
- Ajiboye T.K.; A.G.F. Alabi and G. Adedokun, 2012. Application of Lean Manufacturing Method in Small and Medium Scale Industries in Nigeria. Journal of Engineering and Applied Sciences, 7: 232-237. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2012.232.237>.
- Bonavia, Tomas; Juan Antonio Marin, (2006) "An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26 Issue: 5, pp.505-531, <https://doi.org/10.1108/01443570610659883>
- Birkie, Seyoum Eshetu, (2016) "Operational resilience and lean: in search of synergies and trade- offs", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 27 Issue: 2, pp.185-207, <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2015-0054>
- Chiarini, Andrea, Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers, Journal of Cleaner Production, v. 85,2014,226-233, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>.
- Chlebus, E.; J. Helman, M. Olejarczyk, M. Rosienkiewicz, A new approach on implementing TPM in a mine – A case study, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Volume 15, Issue 4, 2015, 873-884, <https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.07.002>

Eti, M.C.; Ogaji, S.O.T.; Robert, S.D., (2004), Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries, *Applied Energy*, Vol 79, pp 385-401.

Emiliani, M.L., (1998) "Continuous personal improvement", *Journal of Workplace Learning*, Vol. 10 Issue: 1, pp.29-38, <https://doi.org/10.1108/13665629810370021>

Evans, J.R., Lindsay, W.M. (2005), *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*, Thompson South Western.

Friedli, Thomas; and Goetzfried, Matthias; Basu, Prabir. Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing, *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 2010, v. 5, 181-192, <https://doi.org/10.1007/s12247-010-9095-x>

Garza-Reyes, Jose Arturo; Vikas Kumar, Sariya Chaikittisilp, Kim Hua Tan, The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations, *International Journal of Production Economics*, Volume 200, 2018, Pages 170-180, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>.

Ghosh, Manimay, (2012) "Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 24 Issue: 1, pp.113-122, <https://doi.org/10.1108/17410381311287517>

Hartmann, E.H. (1992), *Successfully Installing TPM in Non-Japanese Plant: Total Productive Maintenance*, TPM Press Inc., London.

Karlsson, C., Åhlström, P., (1996), Assessing changes towards lean production, *International Journal Of Operations & Production Management*, Vol. 16 Iss: 2 pp. 24-41.

Madu, C.N. (2000), Competing through maintenance strategy, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 17, No.9 pp 937-948.

Monden, Y., (1983) *Toyota Production Systems – Practical Approach to Production Management*, Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, GA.

Moayed, F.A., Shell, R.L., (2009), Comparison and evaluation of maintenance operations in lean versus non-lean production systems, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 Iss: 3 pp. 285-296.

Nakajima, S (1988): *Introduction to TPM*, Productivity Press, Cambridge, MA.

Rolfesen, Monica; Camilla Langeland, (2012) "Successful maintenance practice through team autonomy", *Employee Relations*, Vol. 34 Issue: 3, pp.306-321, <https://doi.org/10.1108/01425451211217725>

Sánchez, A.M.; Pérez, M. P., (2001), Lean indicators and manufacturing strategies, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 Iss: 11 pp. 1433-1452.

Sahoo, Saumyanjan; Sudhir Yadav, (2018) "Lean production practices and bundles: a comparative analysis", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9 Issue: 3, pp.374-398, <https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2017-0002>

Tayyab, Muhammad, Biswajit Sarkar, Optimal batch quantity in a cleaner multi-stage lean production system with random defective rate, *Journal of Cleaner Production*, v. 139, 2016, 922-934, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.062>.

Thanki, Shashank; Kannan Govindan, Jitesh Thakkar, An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach, *Journal of Cleaner Production*, Volume 135, 2016, 284-298, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.105>.

Vries, Herbert De; H. M. Van der Poll (2018) Cellular and organisational team formations for effective Lean transformations, *Production & Manufacturing Research*, 6:1, 284-307, DOI: 10.1080/21693277.2018.1509742

Wickramasinghe, GLD, Asanka Perera, (2016) "Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 27 Issue: 5, pp.713-729, <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2015-0074>

Womack, J., Jones, D. (1996), *Lean Thinking: Banish waste and Create Wealth in your Corporation*, Simon & Schuster, New York, NY.

Womack, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D., (1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York, NY.