



VII Congresso de Sistemas LEAN

"Contribuições do Lean à gestão em tempos de crise"

MANUTENÇÃO ENXUTA: REVISÃO DE LITERATURA

André Felipe Munaro (UTFPR) – a.munaro@hotmail.com

Marcelo Gonçalves Trentin (UTFPR) – marcelo@utfpr.edu.br

Resumo:

Objetivo(s): Analisar as publicações recentes associadas a produção enxuta na vertente de manutenção industrial, observando impactos possíveis no desempenho das empresas através, principalmente, dos indicadores e permitindo a análise e determinação de técnicas e ferramentas que podem ser implantadas nas empresas como forma de melhoria dos resultados.

Metodologia/abordagem: Seleção de trabalhos com base em alguns dos passos da técnica Proknow-C com a busca de referência em base de dados através da combinação de palavras chave em diferentes “eixos de pesquisa” e estabelecimento de filtros para a seleção de artigos.

Resultados: Encontrados 117 trabalhos com a seleção de 41 e inclusão de 6. O maior número de publicações ocorreu no ano de 2014, enquanto que o periódico com maior “relevância” foi o “International Journal of Production Economics”

Implicações práticas: As referências selecionadas são de grande importância, fornecendo muitas técnicas, ferramentas e linhas guia para a aplicação em casos práticos, principalmente pelo desenvolvimento de alguns estudos de caso pontuais. Isso permitirá uma facilidade no desenvolvimento de proposta de sistemas *lean* para empresas, bem como o desenvolvimento de novas pesquisas (principalmente estudos de caso).

Palavras-chave: Produção; Enxuta; Lean; Manutenção; Desempenho.

**Abstract:**

Aims(s): analyze the recent publications associated with lean production in the industrial maintenance area, observing possible impacts on the performance of companies through mainly indicators and allowing the analysis and determination of techniques and tools that can be implemented in companies as a way of improving results.

Methodology: Selection of papers based on some of the steps of the Proknow-C technique with reference search in database by combining keywords in different "search axes" and establishment of filters for the selection of articles.

Results: There were 117 papers with the selection of 41 and inclusion of 6. The largest number of publications occurred in 2014, while the most relevant periodical was the International Journal of Production Economics.

Practical Implications: The selected references are of great importance, providing many techniques, tools and guidelines for the application in practical cases, mainly by the development of some specific case studies. This will allow easier development of proposals for lean systems for companies, as well as the development of new research (mainly case studies).

Keywords: Manufacturing; Lean; Maintenance; Performance.

1. Introdução

A manutenção tem um papel decisivo na garantia da disponibilidade e confiabilidade dos recursos da fábrica. O desenvolvimento de política adequada de manutenção permite que a companhia alcance de seus objetivos. O cenário atual força as companhias manufatureiras a reduzir custos onde for possível, logo, o departamento tem adquirido um papel relevante na redução dessas despesas, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e qualidade dos produtos. (FACCIO et al, 2011)

A operação de manutenção é considerada como um dos principais pilares para aumentar o desempenho da organização (SOLTAN; MOSTAFA, 2014). Em busca de competitividade em um mercado difícil, foram desenvolvidas muitas novas técnicas e o setor deixou de ter um papel tático e passou a ter um papel estratégico. Muitas empresas fazem investimentos e um dos fatores importantes sobre o retorno desses investimentos é a manutenção adequada dos ativos. Se a manutenção for aproveitada efetivamente, existe a possibilidade de melhorar a lucratividade e a produtividade da organização. (PINJALA et al, 2006).

A escolha da correta técnica deve permitir a verificação do quanto essa política influencia na produtividade e rentabilidade, visto que tem impacto direto na qualidade, eficiência e eficácia da operação, provando que o setor tem uma função geradora de lucro



(ALSYOUF, 2007), podendo levar a redução do custo total de produção (SOLTAN; MOSTAFA, 2014) e desempenho de entrega, logo, pode ser considerado como uma parte das atividades primárias (PINJALA et al, 2006).

A gestão é uma questão crítica entre as atividades de manutenção e organização da produção. A manutenção tem crescido em um empreendimento de tecnologias complexas, competição e características de produtos, devendo estar ligada as estratégias de produção. A seleção da técnica influencia na confiança, disponibilidade, entre outros. (MOSTAFA et al, 2015a). Finalmente, observa-se que o gerenciamento de operações e perdas de tempo na produção são problemas de enorme magnitude que impactam na performance e qualidade de sistemas industriais, além do seu custo de produção. (KAMSU-FOGUEM, MAUGET, 2013)

Nesse contexto, observa-se uma importância estratégica do departamento dentro das empresas. O setor surge como um forte aliado da produção enxuta na melhoria do desempenho das fábricas e a escolha e aplicação das técnicas corretas pode trazer grandes ganhos de desempenho. Logo, o objetivo do trabalho é o de analisar as publicações recentes associadas a produção enxuta na vertente de manutenção industrial, observando impactos possíveis no desempenho das empresas através, principalmente, dos indicadores e permitindo a análise e determinação de técnicas e ferramentas que podem ser implantadas nas empresas como forma de melhoria dos resultados, fugindo ao escopo o detalhamento e esgotamento sobre tais técnicas.

2. Revisão Bibliográfica

A companhia “*Toyota Motor Company*” fora fundada em 1937, proibida de construir carros de passeio, em vez disso, produziu caminhões para o fracassado esforço da guerra. No fim de 1949 um colapso nas vendas forçou-os a dispensar muitos empregados e que culminou na renúncia de Kiichiro, responsabilizando-se pelos fracassos gerenciais. Em 1950 haviam produzido apenas 2685 automóveis, o que logo mudaria. Eiji Toyoda, engenheiro japonês saiu então para uma “peregrinação” na fábrica da FORD, então o mais eficiente complexo fabril do mundo. Ao voltar a sua cidade, a equipe que incluía Taiichi Ohno, concluiu que a produção em massa de Ford jamais funcionaria no Japão, então surge o Sistema de Produção Toyota e finalmente a produção Enxuta em resposta as experiências adquiridas e por problemas como a limitação do mercado doméstico; a força de trabalho com novas leis trabalhistas; economia do país devastada pela guerra; mundo exterior repleto de imensos produtores de veículos (WOMACK, 2004).



O Ministério do comércio exterior e industrial do Japão acreditava que a indústria automobilística deveria ter uma escala de produção elevada, com toda a fusão para enfrentar as empresas já consolidadas no mercado. Ao invés disso, as companhias desafiaram essa diretriz e iniciaram um processo para se tornar produtores automobilísticos completos. Nesse contexto surge a produção enxuta com o principal engenheiro de produção da Toyota, Taiichi Ohno, em resposta a essa necessidade de mercado, e de muitas limitações como o orçamento reduzido que possuía para os processos de fabricação (WOMACK, 2004).

A partir de então, surgem várias outras vertentes com a aplicação dos seus conceitos e ferramentas em diversos ramos e departamentos como será exposto.

(YILE; ZOULEI, 2008), define a manutenção enxuta (“*lean maintenance*”) como um novo conceito, cujo objetivo é o de proporcionar à empresa uma confiabilidade de equipamentos próxima a 100% e cortes de gastos superiores a 50%. Também pode ser definida como uma manutenção proativa, empregando manutenção planejada e agendada através de práticas de TPM (“*Total Productive Maintenance*”), usando estratégias de manutenção desenvolvidas através da aplicação de diversas técnicas (muitas das quais serão descritas no trabalho) e com o suporte de um estoque de materiais sólido e estratégico com base no *just-in-time* desenvolvido pela engenharia de manutenção com a aplicação de ferramentas específicas para este fim, bem como o monitorando os resultados.

Diretamente associando o gerenciamento “*lean*” no desempenho da fábrica, como forma de monitorar os resultados, (Fullerton et. al, 2014) mostra a importância do pessoal de suporte operacional com suas tomadas de decisão, bem como o objetivo dos executivos e líderes de negócios no aumento do desempenho das operações como parte de uma estratégia geral da empresa. O autor também destaca que é importante o alinhamento estratégico e que ele providencie o controle financeiro com o suporte necessário para o desempenho efetivo. Mapas tradicionais focam na minimização do custo médio do produto, de forma inconsistente ao objetivo do programa.

Na avaliação da maturidade do conceito “*lean*” em células de manufatura, (MASSOUMAN; DEMIRLI, 2015) buscou responder questões sobre a forma com que a empresa pode avaliar a sua maturidade no tema e um método de medir o desempenho geral do sistema. Para essa finalidade, elaborou um modelo que pode ser usado pelas empresas praticantes e pode ser melhorado em detalhes na criação de conhecimento.



Ainda sobre “*lean*” organizacional, (Boscari et. al, 2014) desenvolveu um estudo de caso em uma companhia italiana sobre propostas de implantação e disseminação do programa da matriz para as filiais. Como o próprio autor sugere, essas proposições podem sugerir de base e guia para os praticantes, ou seja, na implantação em empresas interessadas.

(Shah, Ward, 2000) examinou a relação entre fatores contextuais e a sua extensão na implantação em áreas chave, destacando a importância das práticas das ferramentas do *TPM*, *JIT* e recursos humanos. Nesse sentido, (Groen et al., 2012) destaca fatores que mostram os motivos que o pessoal apresenta iniciativas para melhorar o seu desempenho quando são envolvidos no desenvolvimento dos indicadores. Isso mostra a necessidade de envolvimento do pessoal na implantação e desenvolvimento de indicadores, o que será muito importante na implantação em departamentos de manutenção.

Observa-se que qualquer que seja a técnica ou ferramenta aplicada, vai exigir o uso de indicadores para a observação da sua eficiência. (MAKSOUUD et al., 2005) aborda a medição de desempenho não financeiros em fábricas de manufatura incluindo formas de análise da eficiência do *TPM*. Ainda sobre essa técnica específica, (AHMAD et al., 2012) estabelece a relação entre *TQM* (“*total quality management*” – que surge para o aumento da qualidade dos produtos e enfrentamento da competitividade global), a performance dos negócios com medidas do *SPC* (“*statistical process control*”), produção *LEAN* e *TPM*. Nesse contexto *TQM*, *Lean*, *TPM* e *SPC* tem objetivos similares: Melhoria contínua, redução de desperdícios e melhoria do desempenho. Essas práticas são uma parte das melhorias contínuas em busca do aumento do desempenho dos negócios. O autor destaca que a filosofia *lean* reduz o desperdício no controle do inventário e a demora do processo enquanto a *TPM* maximiza a performance e previne as quebras. A *TQM* está preocupada em manter e melhorar a qualidade do produto e desempenho dos negócios e, finalmente o *SPC* monitora o processo para mantê-lo sobre controle.

Ainda relacionado à *TPM*, (Bakri et al., 2012) vê a técnica como forma de impulsionar a Produção Enxuta, fazendo um estudo na literatura sobre a aplicação dessa ferramenta na indústria de manufatura. Em seu trabalho foi observada uma lacuna entre os dois conceitos (2012), contudo, as recentes pesquisas mostraram um aumento de trabalhos relacionando os dois conceitos. O foco principal do autor foi o de mostrar a *TPM* como uma boa ferramenta da qualidade, fugindo um pouco à presente proposta, contudo, com certeza da melhoria da qualidade levando a ganhos indiretos e diretos no desempenho industrial, com a melhoria dos indicadores.



(Lindberg et al., 2015) destaca a importância dos indicadores para identificar desempenhos baixos e oportunidades de melhoria, informando que muitas indústrias ainda têm falta de linhas guias da forma de como medir e melhorar o seu desempenho, desenvolvendo proposta de muitos indicadores para essa finalidade e analisando uma redução no consumo de um equipamento com alteração de seus parâmetros.

(Sari et al., 2015) propôs medidas para avaliação do desempenho da manutenção em uma companhia automotiva comentando sobre a dificuldade entre a articulação do setor com os objetivos da companhia e propondo estratégia para o desenvolvimento de indicadores pertinentes. Isso mostra a grande necessidade de definição de indicadores sólidos para o setor, de forma a analisar desempenho de determinados fatores que sejam importantes para a empresa.

(Konecny; Thun, 2009) analisou o impacto da *TQM* e *TPM* no desempenho de uma planta e analisando principalmente a investigação do envolvimento dos funcionários e, novamente, mostrando a importância dos recursos humanos. Os resultados mostraram que essas práticas são auxiliadas pela parte humana e têm muito impacto no desempenho da fábrica. A análise mostrou que as plantas com foco em *TQM* ou *TPM* de forma específica ou simultânea, apresentaram um grande desempenho nesse sentido.

Outra técnica específica de melhoria no desempenho do setor e por consequência da indústria, (Carnero, 2012) sugere o *CBM* (“*Condition Based Maintenance*” - Manutenção baseada nas condições) como uma boa técnica. Essa técnica é baseada em parâmetros físicos (vibrações, temperatura, ruído, etc.), que são medidos e gravados de forma intermitente ou contínua para diagnosticar uma falha. Entre as vantagens, pode-se destacar o aumento da habilidade para responder aos clientes, segurança, qualidade, entre muitos outros. Nesse mesmo trabalho foi desenvolvida uma “*survey*” para avaliação do estado da manutenção em pequenas e médias empresas, sendo esta a variável que mais afeta a decisão de implantação de *CBM*.

Outro trabalho com a metodologia *survey*, desenvolvido por (Chavez et al., 2015), investigou as ligações das práticas internas do *lean* e o desempenho operacional e organizacional, concluindo sobre a grande importância da participação dos fornecedores nos resultados. Similarmente, (QRUNGLEH; TARAFDAR, 2014) analisou os impactos da aplicação de sistema de informação para a eficiência e flexibilidade, observando os seus impactos na performance organizacional e mostrando a forma como essas estratégias podem



ser alinhadas com a cadeia de suprimentos, sabendo-se que a cadeia de suprimentos tem como o objetivo uma maior maturidade do tema.

Usando a mesma metodologia (EROGLU; HOFER, 2013) observou que o inventário também produz muitos efeitos positivos no desempenho de uma indústria, inclusive diretamente à parte financeira. O autor analisou isso nas indústrias manufatureiras mostrando que as estratégias não podem ser as mesmas para todos os casos. Como foi exposto na introdução, a manutenção industrial, cada vez mais está ligada a máquinas e processos complexos e, por consequência, uma quantidade de estoque com valores que podem ser altos, o que deve ser levado em consideração na lapidação de um método e desenvolvimento de ferramenta adequada a realidade das empresas, visto que uma técnica mal aplicada pode levar a um ganho momentâneo, mas que pode comprometer o futuro.

Com relação aos estoques (PUIG et al., 2013), destaca a importância das tomadas de decisão nesse sentido, sabendo-se da influência direta em diversos aspectos, o que pode ser feito através da elaboração de questionamentos para auxiliar na tomada de decisão, principalmente para novos equipamentos e processos.

(LEVANDOWSKI, OELKER, 2014) desenvolveu estudo para o controle autônomo da manutenção e logística das peças de reposição investigando a existência de algoritmos e técnicas específicas. O autor destaca algumas dificuldades em aplicações práticas, mostrando a necessidade de atenção aos fatores humanos, como feito anteriormente pelos autores (SHAH; WARD, 2000), (KONECNY; THUN, 2009). Ainda relacionado a parte humana, (Ruiz, et. al) destaca a necessidade de formalização desses conhecimentos, muitas vezes fornecidos pelos técnicos sob a formalização, o que pode ser conseguido por um sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado. (FOGUEM; NOYES, 2013) desenvolveu estudo de caso no departamento de manutenção com raciocínio baseado na gestão do conhecimento colaborativo concluindo que há oportunidade de muitos ganhos com a formalização dos conhecimentos de todo o pessoal ligado a manutenção.

Outros métodos foram aplicados nos mais variados segmentos como (STOJKIC et al., 2014) que propôs a aplicação de ferramentas “*lean*” para o aumento da eficiência dos processos em uma empresa de soluções relacionadas a *software* de CRM (“Customer Relationship Manager” – Gestão de Relacionamento com o Cliente). O objetivo foi o de identificar as necessidades dos consumidores de acordo com a sua diferenciação e interagindo com eles. Essa interação com o consumidor é muito importante, sabendo-se da importância do



relacionamento com o cliente, uma vez que o desperdício, “vilão” das ferramentas do “lean”, pode ser considerado como tudo o que não agrega valor sob o ponto de vista do cliente.

(FELICE; PETRILLO, 2015) aborda o *WCM* (“*World Class Manufacturing*”) termo e técnica que aparecem bastante na literatura como forma de otimização do sistema de manufatura para enfrentamento da competitividade global, que pode ser definido como as muitas técnicas e tecnologias para as companhias enfrentarem melhor os seus concorrentes, desenvolvendo um estudo de caso de uma fábrica italiana de componentes automotivos. O *WCM*, entre outras estratégias, prega a segurança ocupacional, compromisso gerencial, distribuição de custos, nitidez dos objetivos, foco em melhorias, estratégia, atividades autônomas, alta qualificação do pessoal, manutenção profissional, compromisso da organização, controle de qualidade, competência da organização, logística e serviço do consumido, tempo e orçamento, gerenciamento inicial dos equipamentos e produtos, nível de detalhes, desenvolvimento pessoal, nível de expansão, meio ambiente e energia e motivação dos operadores. Concluindo que a única forma de se manter competitivo é a melhoria contínua da performance, habilidades e tecnologia.

Abordando o gerenciamento da manutenção (ABREU, et al., 2013) desenvolveu um estudo de caso em aeroporto sobre melhoria nos processos de negócios no gerenciamento da manutenção, uma preocupação grande atualmente, mas pouco aplicada, particularmente nesse setor, mostrando a importância da disponibilização de indicadores sólidos para o processo de tomada de decisão e na procura da solução de problemas relacionados.

Ainda na parte de gerenciamento de manutenção e também “*lean manufacturing*”, (ARSLANKAYA, ATAY, 2015) desenvolveu uma revisão de literatura sobre o tema. Na sequência o autor analisou esses fatores em uma empresa de laticínios, cuja implantação visou desenvolver técnicas de manutenção baseada na preocupação com o planejamento e controle, reduzindo problemas relacionados a produção e custos de uma forma geral. Ou seja, a melhoria do desempenho do setor para melhores resultados da empresa.

No gerenciamento do *lean* (HANDEL, 2009) investigou padrões gerenciais associados, propondo explicações e as consequências nos resultados para as empresas e empregados. O autor conclui, entre outros fatores, que apesar de existirem padrões, as reivindicações de necessidades relacionadas ao tema ainda são. Outra observação importante, foi a de que foram vistas evidências de que as organizações com hierarquias mais baixas são menos proativas e tem mais problemas de desempenho.



Mais recentemente (nos últimos 2 anos) a pesquisa mostrou o surgimento do conceito “green” associado ao “lean”. Nas referências buscadas, os autores (KAZMAREK, 2014), (CHIARINI, 2014), (GARZA-REYES, 2015), (THANKI et al., 2016), (VERRIER et al., 2016), (VERRIER et al., 2014), (ZHAN et al., 2016) abordam o tema. De forma muito pertinente ao tema abordado, (KAZMAREK, 2014) faz uma revisão de literatura relacionada à manufatura *lean e green* e os paradigmas do gerenciamento de manutenção e então produziu proposta de integração dos conceitos na área de manutenção, abordando ferramentas e técnicas, concluindo que a complexidade dos sistemas de manufatura atuais e sua dependência de fatores internos e externos levaram ao interesse de muitos nos resultados da manutenção.

(CHIARINI, 2014) realizou estudo em um fabricante de componentes de motos europeu que usa ferramentas específicas do *lean* para processos *green*, observando ferramentas como VSM (*Value Stream Mapping*), 5S, manufatura celular, *SMED* e *TPM* e seus impactos no meio ambiente.

De forma análoga, (THANKI et al., 2016), usou uma abordagem analítica de hierarquias de processos para investigar as práticas da implantação do *lean-green* em pequenas e médias empresas indianas. Os resultados sugeriram que as ferramentas *TPM*, *Kaizen* e 5S são as práticas mais influentes.

GARZA-REYES, 2015, produziu uma revisão literatura no tema, preocupado na revelação das lacunas e inconsistências na literatura e encontrar novas vertentes de pesquisa, tendo como objetivo a coleta sistemática e análise crítica das contribuições existentes sobre o *lean*, com interesse nas sua aplicação e articulação com a parte aspectos organizacionais ambientais.

(VERRIER et al., 2016), teve o objetivo de o estabelecer correlações entre o tema para eliminação dos desperdícios, conduzindo estudos baseados na evolução, classificação, e melhoria das performances, com a consideração de dados de um ambiente manufatureiro real. O autor observou a aparição de dificuldades no estabelecimento dessas políticas em empresas com processos muito variados.

Na mesma linha e analisando a combinação do desempenho industrial com o desenvolvimento sustentável, (VERRIER et al., 2014), observa o desenvolvimento de estratégias para a manutenção competitiva das companhias com o estabelecimento de um mapa do *Lean e Green*, bem como o estabelecimento de uma estratégia a ser seguida para medir o seu nível de maturidade. Na mesma linha, (ZHAN et al., 2016) observou o



desenvolvimento tema na China com a proposta de um modelo para testar a efetividade do desenvolvimento dessas práticas nas organizações do país, concluindo que, entre outros fatores, as práticas tendem a ter relações positivas em termos de meio ambiente e negócios.

O conceito *lean* é muito amplo. Na mesma linha dos autores anteriormente citados (DAY et al., 2016) desenvolveu um processo de planejamento baseado no *lean* para a desmontagem de um avião em função da grande quantidade de aeronaves que são retiradas de operação anualmente mostrando formas econômicas de reaproveitamento e descarte adequado.

3. Método Proposto

A seleção de trabalhos para a revisão de literatura foi feita com base em alguns dos passos da técnica Proknow-C (Knowledge Development Process – Construtivist). A metodologia, criada pelos pesquisadores do LabMCDA (Laboratório de Metodologias Multicritério em apoio a Decisão da Universidade de Santa Catarina), permite gerar o conhecimento para orientar o pesquisador na manutenção do foco e contribuir cientificamente a comunidade (Marafon et al, 2012).

A, ferramenta adota, entre muitas outras, as etapas que foram adaptadas e utilizadas no presente trabalho para a seleção dos artigos. Basicamente podem ser elencadas:

- Busca na base de dados (*Science Direct*) com combinações de palavras-chave, que foram detalhados através de três eixos principais de pesquisas e são mostrados na tabela 1, o que resultou nas combinações da tabela 2.

Estabelecimento de filtros na base de dados, como a separação de artigos antigos, principalmente com mais de 5 anos de publicação, isso porque as técnicas e ferramentas mudam frequentemente. Os trabalhos também foram filtrados pela inclusão desses termos no título, resumo e palavras chave. A primeira seleção aconteceu pelo título (só foram selecionados títulos pertinentes ao tema).

- Remoção dos artigos duplicados;
- Leitura pelos títulos para alinhamento com o tema;
- Leitura dos resumos;



- Enquadramento final com leitura integral dos artigos e a inclusão de outros que não apareceram na pesquisa, mas já são do conhecimento do autor.

Eixos	Produção Enxuta	Manutenção	Desempenho
Palavras Chave	Lean.	Maintenance; TPM; Autonomous;	Firm Performance; Organizational Performance; Industrial Performance.

Tabela 1 – Eixos e palavras chave

Fonte: O autor (a)

Termo 1	Termo 2
Lean	Maintenance
Lean	TPM
Lean	Autonomous
Lean	Firm Performance
Lean	Organizational Performance
Lean	Industrial Performance
Maintenance	Firm Performance
Maintenance	Organizational Performance
Maintenance	Industrial Performance
TPM	Firm Performance
TPM	Organizational Performance
TPM	Industrial Performance
Autonomous	Firm Performance
Autonomous	Organizational Performance
Autonomous	Industrial Performance

Tabela 2 - Termos "cruzados"

Fonte: O autor (a)

4. Resultados

Nesse cenário, foram selecionados 117 trabalhos. A eliminação dos repetidos resultou em 98. Todos os resumos foram lidos para a análise da pertinência ao tema e nisso foram selecionados 41 artigos.

- Abdel-Maksoud, A., D. Dugdale and R. Luther (2005).
- Abdul Rahman, N. A., T. C. Melewar and A. M. Sharif (2014).
- Abreu, J., P. V. Martins, S. Fernandes and M. Zacarias (2013).



- d) Ahmad, M. F., N. Zakuan, A. Jusoh and J. Takala (2012).
- e) Arslankaya, S. and H. Atay (2015).
- f) Bakri, A. H., A. R. A. Rahim, N. M. Yusof and R. Ahmad (2012).
- g) Boscari, S., P. Danese and P. Romano (2016).
- h) Carnero, M. C. (2012).
- i) Chavez, R., W. Yu, M. Jacobs, B. Fynes, F. Wiengarten and A. Lecuna (2015).
- j) Chiarini, A. (2014).
- k) Dar-EL, E. M. (1997).
- l) Demirli, M. A. M. K. (2015).
- m) Eroglu, C. and C. Hofer (2014).
- n) Fullerton, R. R., F. A. Kennedy and S. K. Widener (2014).
- o) Garza-Reyes, J. A. (2015).
- p) Gratiela, B. D. (2012).
- q) Groen, B. A. C., M. J. F. Wouters and C. P. M. Wilderom (2012).
- r) Handel, M. J. (2014).
- s) Hu, Y., J. Ke, Z. Guo and J. Wen (2015).
- t) Jasiulewicz-Kazmarek, M. (2014).
- u) Jiménez, M., L. Romero, M. Domínguez and M. d. M. Espinosa (2015).
- v) Kamsu-Foguem, B. and D. Noyes (2013).
- w) Kamsu-Foguem, B., F. Rigal and F. Mauget (2013).
- x) Klingenberg, B., R. Timberlake, T. G. Geurts and R. J. Brown (2013).
- y) Konecny, P. A. and J.-H. Thun (2011).
- z) Lewandowski, M. and S. Oelker (2014).
- aa) Lindberg, C.-F., S. Tan, J. Yan and F. Starfelt (2015).
- bb) Mascle, O. D. A. A. C. (2016).
- cc) Petrillo, F. D. F. A. (2015).



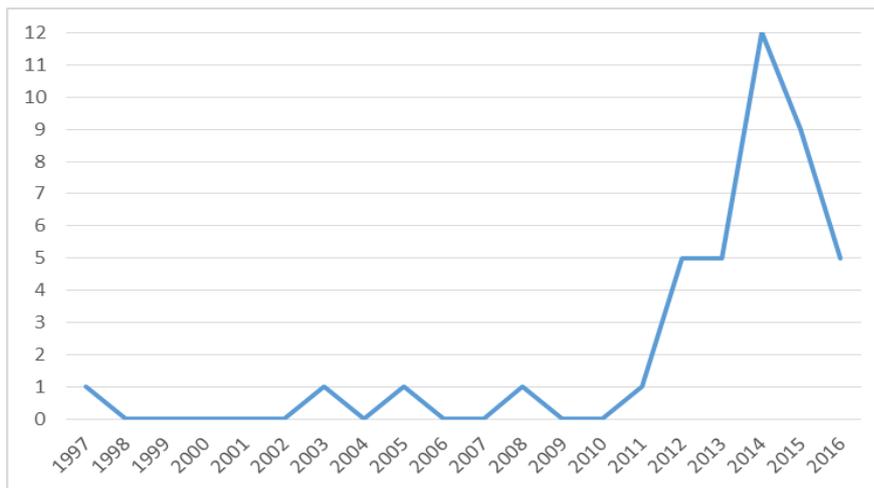
- dd) Potes Ruiz, P., B. Kamsu Foguem and B. Grabot (2014).
- ee) Puig, J. E. P., R. J. I. Basten and L. A. M. van Dongen (2013).
- ff) Qrunfleh, S. and M. Tarafdar (2014).
- gg) Sari, E., A. M. Shahrour, A. Ma'aram and A. M. Yazid (2015).
- hh) Stojkic, Z., V. Majstorovic, V. Visekruna and D. Zelenika (2014).
- ii) Thanki, S., K. Govindan and J. Thakkar (2016).
- jj) Verrier, B., B. Rose and E. Caillaud (2016).
- kk) Verrier, B., B. Rose, E. Caillaud and H. Remita (2014).
- ll) Ward, R. S. P. T. (2003).
- mm) Yile, L. u., X. XueHang and Z. Lei (2008).
- nn) Youssouf, A., C. Rachid and V. Ion (2014).
- oo) Zhan, Y., K. H. Tan, G. Ji, L. Chung and A. S. F. Chiu (2016).

Ainda foram inclusas outras referências conhecidas para dar suporte ao trabalho, resultando em um portfólio final de 47 trabalho

- pp) FACCIO, M., A. Persona, F. Sgarbossa and G. Zanin (2014).
- qq) SOLTAN, H; MOSTAFA, S. (2014).
- rr) PINJALA, S. K., L. Pintelon and A. Verecke (2006).
- ss) ALSYOUF, I. (2007).
- tt) MOSTAFA, S., J. DUMRAK and H. SOLTAN (2015).
- uu) MOSTAFA, S., S.-H. LEE, J. DUMRAK, N. CHILESE and H. SOLTAN (2015).

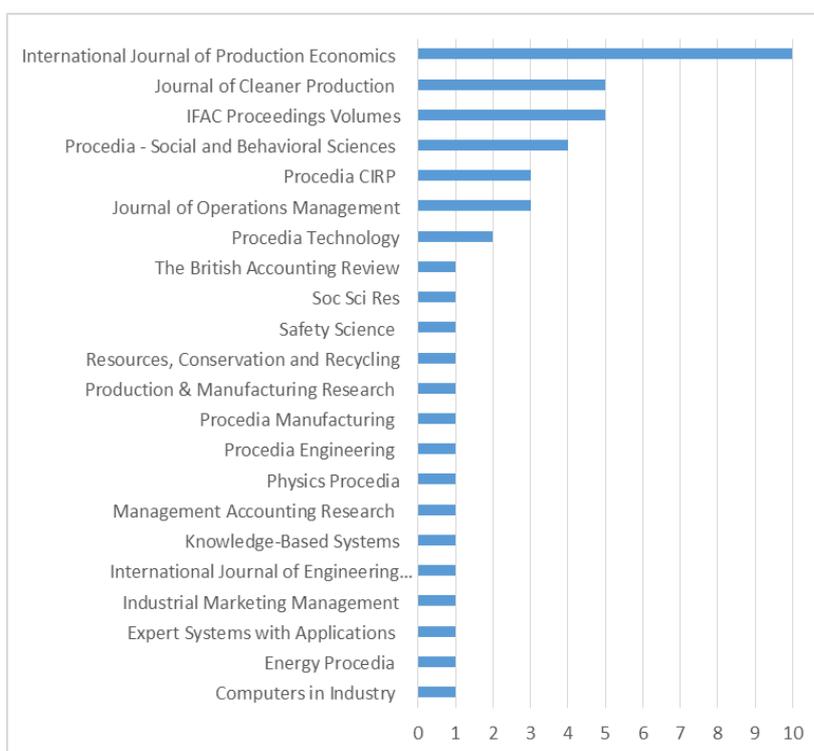
As figuras 1, 2 mostram os gráficos das publicações por ano e periódico, respectivamente.

Figura 1 - Publicações por ano



Fonte: Adaptado de Mays *apud* Greenhalg (1997)

Figura 2 - Publicações por periódico



Fonte: Adaptado de Mays *apud* Greenhalg (1997)

5. Conclusões

Entre as muitas técnicas observadas, a análise das referências observou uma unanimidade quanto a *TPM* como melhoria no desempenho, isso nos mostra que a técnica deve ser estudada por aqueles que têm interesse no desenvolvimento de um sistema *lean*. Entre as outras técnicas, pode-se citar a *TQM*, seguida pela importância da atenção com as questões humanas, fortemente abordada, bem como os *softwares* de gestão, *5S*, *JIT* e casos



pontuais de *VSM*, *SPC*, *WCM* e *CBM*. Entre as metodologias adotadas, pode-se destacar a aparição de estudos de caso, revisões de literaturas, *surveys* e combinadas.

A análise do gráfico da figura 1 mostra picos nos últimos anos, isso porque a pesquisa foi concentrada nesse período de tempo através do refinamento dos resultados. Observa-se um aumento no número de publicações, com uma pequena queda em 2015, contudo, esse pequeno período de tempo não nos permite afirmar se há uma tendência.

A análise da figura 2 nos permite observar a liderança do periódico “International Journal of Production Economics”, que trata da interface entre engenharia e gerenciamento e todos os aspectos relacionados a manufatura e indústria de processo, bem como a produção em geral, seguido pelo periódico “Journal of Cleaner Production” que trata, entre outros aspectos, sobre as tecnologias para o progresso associadas a sustentabilidade das sociedades e regiões. Isso refletiu na predominância do tema *green* associado com o *lean*, muito citado e observado no trabalho mostrando a possibilidade de ganhos de desempenho associados a sustentabilidade.

A pesquisa analisou e elaborou um portfólio considerável de trabalhos, onde todas as referências selecionadas são de grande importância, fornecendo muitas técnicas, ferramentas e linhas guia para a aplicação em casos práticos, principalmente pelo desenvolvimento de alguns estudos de caso pontuais. Isso permitirá uma facilidade no desenvolvimento de proposta de sistemas *lean* para empresas, bem como o desenvolvimento de novas pesquisas (principalmente estudos de caso).

Referências

Abdel-Maksoud, A., D. Dugdale and R. Luther (2005). "**Non-financial performance measurement in manufacturing companies.**" *The British Accounting Review* 37(3): 261-297.

Abdul Rahman, N. A., T. C. Melewar and A. M. Sharif (2014). "**The establishment of industrial branding through dyadic logistics partnership success (LPS): The case of the Malaysian automotive and logistics industry.**" *Industrial Marketing Management* 43(1): 67-76.

Abreu, J., P. V. Martins, S. Fernandes and M. Zacarias (2013). "**Business Processes Improvement on Maintenance Management: A Case Study.**" *Procedia Technology* 9: 320-330.



Ahmad, M. F., N. Zakuan, A. Jusoh and J. Takala (2012). "**Relationship of TQM and Business Performance with Mediators of SPC, Lean Production and TPM.**" *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 65: 186-191.

ALSYOUF, I. (2007). "**The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability.**" *International Journal of Production Economics* 105(1): 70-78.

Arslankaya, S. and H. Atay (2015). "**Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products.**" *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 207: 214-224.

Bakri, A. H., A. R. A. Rahim, N. M. Yusof and R. Ahmad (2012). "**Boosting Lean Production via TPM.**" *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 65: 485-491.

Boscari, S., P. Danese and P. Romano (2016). "**Implementation of lean production in multinational corporations: A case study of the transfer process from headquarters to subsidiaries.**" *International Journal of Production Economics* 176: 53-68.

Carnero, M. C. (2012). "**Condition Based Maintenance in Small Industries.**" *IFAC Proceedings Volumes* 45(31): 199-204.

Chavez, R., W. Yu, M. Jacobs, B. Fynes, F. Wiengarten and A. Lecuna (2015). "**Internal lean practices and performance: The role of technological turbulence.**" *International Journal of Production Economics* 160: 157-171.

Chiarini, A. (2014). "**Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers.**" *Journal of Cleaner Production* 85: 226-233.

Dar-EL, E. M. (1997). "**What we really need is TPQM.**" *International Journal of Production Economics*.

Demirli, M. A. M. K. (2015). "**Assessment of Lean Maturity Level in Manufacturing Cells.**" *IFAC Proceedings Volumes*.

Eroglu, C. and C. Hofer (2014). "**The effect of environmental dynamism on returns to inventory leanness.**" *Journal of Operations Management* 32(6): 347-356.

Fullerton, R. R., F. A. Kennedy and S. K. Widener (2014). "**Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices.**" *Journal of Operations Management* 32(7-8): 414-428.



FACCIO, M., A. Persona, F. Sgarbossa and G. Zanin (2014). "**Industrial maintenance policy development: A quantitative framework.**" *International Journal of Production Economics* 147: 85-93.

Garza-Reyes, J. A. (2015). "**Lean and green – a systematic review of the state of the art literature.**" *Journal of Cleaner Production* 102: 18-29.

Gratiela, B. D. (2012). "**Study Case: Yellow Tag vs Quality Management.**" *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 62: 313-318.

Groen, B. A. C., M. J. F. Wouters and C. P. M. Wilderom (2012). "**Why do employees take more initiatives to improve their performance after co-developing performance measures? A field study.**" *Management Accounting Research* 23(2): 120-141.

Handel, M. J. (2014). "**Theories of lean management: an empirical evaluation.**" *Soc Sci Res* 44: 86-102.

Hu, Y., J. Ke, Z. Guo and J. Wen (2015). "**Relationship between Intangible Capital, Knowledge and Maintenance Performance in a PSS Network: An Empirical Investigation.**" *Procedia CIRP* 30: 378-383.

Jasiulewicz-Kazmarek, M. (2014). "**Integrating Lean and Green Paradigms in Maintenance Management.**" *IFAC Proceedings Volumes*.

Jiménez, M., L. Romero, M. Domínguez and M. d. M. Espinosa (2015). "**5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school.**" *Safety Science* 78: 163-172.

Kamsu-Foguem, B. and D. Noyes (2013). "**Graph-based reasoning in collaborative knowledge management for industrial maintenance.**" *Computers in Industry* 64(8): 998-1013.

Kamsu-Foguem, B., F. Rigal and F. Mauget (2013). "**Mining association rules for the quality improvement of the production process.**" *Expert Systems with Applications* 40(4): 1034-1045.

Klingenberg, B., R. Timberlake, T. G. Geurts and R. J. Brown (2013). "**The relationship of operational innovation and financial performance—A critical perspective.**" *International Journal of Production Economics* 142(2): 317-323.



Konecny, P. A. and J.-H. Thun (2011). "**Do it separately or simultaneously—An empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance.**" International Journal of Production Economics 133(2): 496-507.

Lewandowski, M. and S. Oelker (2014). "**Towards Autonomous Control in Maintenance and Spare Part Logistics – Challenges and Opportunities for Preacting Maintenance Concepts.**" Procedia Technology 15: 333-340.

Lindberg, C.-F., S. Tan, J. Yan and F. Starfelt (2015). "**Key Performance Indicators Improve Industrial Performance.**" Energy Procedia 75: 1785-1790.

Marafon, Alysson Diego; Ensslin, Leonardo; Lacerda, Rogério Tadeu; Ensslin, Sandra Rolim (2012). "**Avaliação de desempenho na gestão de P&D – Revisão Sistemática Literária.**" P&D em Engenharia de Produção, Itajubá, v.10, n. 2, p. 171-194.

Masclé, O. D. A. A. C. (2016). "**A Lean based process planning for aircraft disassembly.**" IFAC Proceedings Volumes.

MOSTAFA, S., J. DUMRAK and H. SOLTAN (2015). "**Lean Maintenance Roadmap.**" Procedia Manufacturing 2: 434-444.

MOSTAFA, S., S.-H. LEE, J. DUMRAK, N. CHILESE and H. SOLTAN (2015). "**Lean thinking for a maintenance process.**" Production & Manufacturing Research 3(1): 236-272.

Petrillo, F. D. F. A. (2015). "**Optimization of Manufacturing System through World Class Manufacturing.**" IFAC Proceedings Volumes.

PINJALA, S. K., L. Pintelon and A. Vereecke (2006). "**An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies.**" International Journal of Production Economics 104(1): 214-229.

Potes Ruiz, P., B. Kamsu Foguem and B. Grabot (2014). "**Generating knowledge in maintenance from Experience Feedback.**" Knowledge-Based Systems 68: 4-20.

Puig, J. E. P., R. J. I. Basten and L. A. M. van Dongen (2013). "**Investigating Maintenance Decisions during Initial Fielding of Rolling Stock.**" Procedia CIRP 11: 199-203.

Qrunfleh, S. and M. Tarafdar (2014). "**Supply chain information systems strategy: Impacts on supply chain performance and firm performance.**" International Journal of Production Economics 147: 340-350.



Sari, E., A. M. Shaharoun, A. Ma'aram and A. M. Yazid (2015). "**Sustainable Maintenance Performance Measures: A Pilot Survey in Malaysian Automotive Companies.**" *Procedia CIRP* 26: 443-448.

SOLTAN, H; MOSTAFA, S. (2014). "**Leanness and Agility within Maintenance Process.**" *International Journal of Engineering Research & Technology*.

Stojkic, Z., V. Majstorovic, V. Visekruna and D. Zelenika (2014). "**Application of Lean Tools and xRM Software Solutions in Order to Increase the Efficiency of Business Processes.**" *Procedia Engineering* 69: 41-48.

Thanki, S., K. Govindan and J. Thakkar (2016). "**An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach.**" *Journal of Cleaner Production* 135: 284-298.

Verrier, B., B. Rose and E. Caillaud (2016). "**Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model.**" *Journal of Cleaner Production* 116: 150-156.

Verrier, B., B. Rose, E. Caillaud and H. Remita (2014). "**Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository.**" *Journal of Cleaner Production* 85: 83-93.

Ward, R. S. P. T. (2003). "**Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance.**" *Journal of Operations Management*.

Womack, James P.; Jones, Daniel T. **A máquina que mudou o mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**; tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

Yile, L. u., X. XueHang and Z. Lei (2008). "**Lean Maintenance Framework and Its Application in Clutch Maintenance.**" 230-232.

Youssof, A., C. Rachid and V. Ion (2014). "**Contribution to the Optimization of Strategy of Maintenance by Lean Six Sigma.**" *Physics Procedia* 55: 512-518.

Zhan, Y., K. H. Tan, G. Ji, L. Chung and A. S. F. Chiu (2016). "**Green and lean sustainable development path in China: Guanxi, practices and performance.**" *Resources, Conservation and Recycling*.