

Aplicação das tecnologias da *Internet of Things* no âmbito da Manufatura Enxuta para monitoramento de objetos no chão de fábrica: uma Revisão Sistemática

Thiago Franzen Aydos (Universidade Federal de Santa Catarina) thiago.aydos@gmail.com
João Carlos Espíndola Ferreira (Universidade Federal de Santa Catarina) j.c.ferreira@ufsc.br

Resumo:

Este artigo tem como objetivo identificar, descrever e analisar o estado da arte sobre a utilização de tecnologias pertencentes à *Internet of Things* (IOT) como ferramenta de auxílio na aplicação dos conceitos da Manufatura Enxuta para monitoramento de objetos no chão de fábrica. Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática. Uma análise quantitativa dos resultados foi feita para verificar a atualidade dos trabalhos e os principais temas de concentração. Após a filtragem por critérios de exclusão, a análise dos artigos demonstra que tecnologias como a Identificação por Rádio Frequência (*Radio Frequency Identification* – RFID) vêm sendo aplicadas na manufatura de diferentes maneiras, em especial no monitoramento de objetos, auxiliando a diminuir estoques, reduzir tempos de processamento e minimizar as perdas envolvidas, de acordo com os objetivos do *Lean Manufacturing*.

Palavras chave: RFID, manufatura enxuta, *internet of things*.

Internet of Things technologies applied to Lean Manufacturing to monitor material on the shop floor: a systematic review

Abstract

This paper aims to identify, to describe, and to analyze the state of the art on the use of Internet of Things (IOT) technologies as a tool to apply Lean Manufacturing concepts into monitoring materials on the shop floor. Therefore, a systematic review of literature was performed, and a quantitative analysis of the results was carried out in order to verify how current the papers are as well as their main topics. After using exclusion criteria, the analysis showed that technologies such as Radio Frequency Identification (RFID) have been used in manufacture in different ways, especially in monitoring objects on the shop floor. The analysis pointed to reductions in inventory level, processing time, and losses, according to the Lean Manufacturing goals.

Key-words: RFID, lean manufacturing, internet of things, lean production.

1. Introdução

A humanidade vive um ritmo de desenvolvimento tecnológico jamais visto na história da civilização. Smihula (2010) afirma que o mundo atravessa a chamada “quinta grande onda de inovação tecnológica”, caracterizada pelo uso generalizado da tecnologia da informação e das

comunicações, com ampla utilização da telecomunicação, da internet e das redes digitais. A internet se faz presente de forma massiva no dia-a-dia da população mundial, alterando as formas de interação e comunicação entre os indivíduos e gerando novas maneiras de viver. O uso da tecnologia da informação e da inovação é, muitas vezes, o elemento essencial para o aumento da lucratividade e do sucesso das empresas. Nesse contexto, a expressão *Internet of Things* (IOT), ou Internet das Coisas, surge para viabilizar a total conexão entre mundo real e o mundo virtual, conectando objetos à internet de forma que informações e ações sejam realizadas e transmitidas sem a intervenção do ser humano. Mattern e Floerkemeier (2010) afirmam que a *Internet Of Things* possibilita que objetos físicos estejam conectados ao mundo virtual e possam ser controlados de forma remota, atuando como um ponto de acesso físico à internet. Sun (2012) define IOT a partir da utilização de tecnologias como sensores infravermelhos, sistemas de posicionamento global (*Global Positioning System* - GPS), leitores a laser e, especialmente, identificação por rádio frequência (*Radio Frequency Identification* - RFID), para conectar qualquer objeto à internet de forma a se comunicar e trocar informações, possibilitando identificar, monitorar, rastrear e gerenciar uma rede de forma inteligente.

O *Lean Manufacturing*, ou Manufatura Enxuta, tem a sua base no Sistema Toyota de Produção (STP), surgido no Japão após a 2ª Guerra Mundial para contrapor o sistema de produção em massa desenvolvido por Henry Ford na indústria automotiva dos EUA. Womack e Jones (1996) definem a Manufatura Enxuta como uma abordagem que busca melhores maneiras de organizar e gerenciar a cadeia de suprimentos, o desenvolvimento de produtos, a operação da produção e os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, visando fazer cada vez mais com menos recursos e em menor tempo. Segundo Ghinato (1995), o Sistema Toyota de Produção (SPT) está estruturado sobre a base da completa eliminação das perdas, com o *just-in-time* (JIT) e a “autonomação” (do japonês “*jidoka*”), atuando como seus dois pilares de sustentação. Entre as diversas áreas de aplicação da tecnologia RFID identifica-se uma demanda cada vez maior nas iniciativas da manufatura enxuta para rastrear e identificar objetos ou pessoas em tempo real. Zelbst et al. (2010) afirmam que o uso de RFID na manufatura pode proporcionar melhorias na produtividade, nos tempos de atravessamento (*lead times*), nos tempos de ciclo, no atendimento às datas de entrega e no fluxo de caixa, além de auxiliar a reduzir gastos de operação e de gestão de estoques, diminuindo seus níveis de forma significativa.

Chongwatpol e Sharda (2013) afirmam que os benefícios das aplicações com RFID na manufatura e em outros campos têm sido investigados ao longo das duas últimas décadas. Entretanto, muitos praticantes de iniciativas *Lean* não compreendem como o RFID e o *Lean Manufacturing* podem estar interrelacionados e como a atualização em tempo real das informações a partir do uso dessa tecnologia pode ser um valioso componente nessas iniciativas. Com o advento do RFID, acredita-se que a tecnologia de código de barras tende a ser substituída em grande parte das aplicações, especialmente devido à sua capacidade limitada de armazenamento de informações e da dificuldade de automação (JUELS, 2006). O desenvolvimento de tecnologias para transmissão de dados sem fio (*wireless*) está diretamente ligado ao surgimento da *Internet of Things*, dentre as quais é possível citar a transmissão via Wi-Fi, 3G, Bluetooth, Zigbee e satélite.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo identificar como os conceitos e tecnologias da *Internet of Things* vêm sendo aplicados no âmbito da manufatura enxuta para monitoramento de objetos no chão de fábrica. Uma Revisão Sistemática foi realizada para avaliar a natureza das publicações sobre o tema em periódicos e conferências de boa reputação acadêmica. O artigo está organizado conforme descrito a seguir. A seção 2 apresenta a metodologia utilizada para realização da pesquisa. A seção 3 apresenta o detalhamento do planejamento e da execução

da revisão. Na seção 4 alguns artigos selecionados são analisados mais detalhadamente. Por fim, a seção 6 apresenta as conclusões do artigo.

2. Metodologia de Pesquisa

Segundo Kitchenham (2004), a revisão sistemática é capaz de identificar lacunas de pesquisa para sugerir novas áreas de investigação, além de fornecer um contexto para apropriadamente posicionar novas atividades de pesquisa ou categorizar evidências relacionadas a um tratamento ou tecnologia específica. O processo de revisão sistemática é composto por três etapas: planejamento, execução e análise da revisão. A Figura 1 ilustra as etapas da Revisão Sistemática (Kitchenham, 2004).

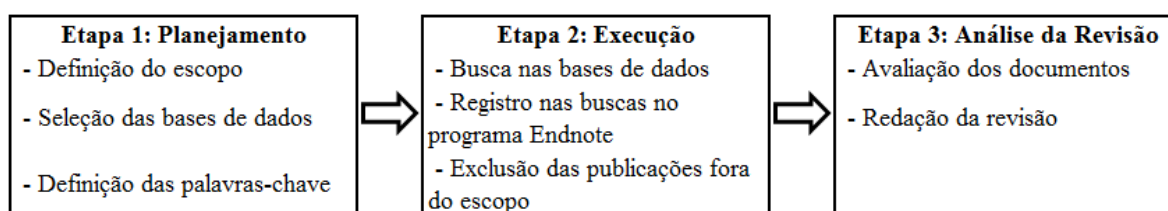


Figura 1 – Etapas da revisão (Kitchenham, 2004)

3. Planejamento e execução da revisão

A etapa de execução consiste em realizar buscas nas bases de dados selecionadas utilizando as palavras-chave escolhidas. Para a obtenção de resultados mais consistentes, as buscas foram feitas utilizando os mesmos padrões de pesquisa nas diversas bases de dados. As pesquisas utilizaram filtros para títulos de artigos, resumos e palavras-chaves e sem restrição de data de publicação. Foram selecionadas três bases de dados para esta pesquisa: *Scopus*, *Web of Science*, *Engineering Village*. Essas bases foram definidas de acordo com a quantidade de documentos armazenados em relação aos temas *Internet of Things* e *Manufatura Enxuta*. Para realizar a pesquisa, foram definidas três composições de palavras-chave, conforme segue abaixo:

- Lean Manufacturing* and “*Internet of Things*”;
- Lean Manufacturing* and “*RFID*”;
- Lean Manufacturing* and “*Wireless*”;

As palavras-chave foram definidas de forma a abranger a maior quantidade de documentos que relacionam a aplicação dos conceitos da *Internet of Things* na manufatura enxuta. Muitos trabalhos não utilizam *Internet of Things* no título, resumo ou palavras-chave por se tratar de um conceito recente. Dessa forma, decidiu-se relacionar o termo *Lean Manufacturing* também às duas principais tecnologias relacionadas ao IOT, que são o *RFID* e a comunicação sem fio, resumida na definição *Wireless*. O termo *Lean Manufacturing* foi inserido na pesquisa sem aspas para abranger um maior número de publicações relacionadas. Também se realizou buscas aliando as palavras *Bluetooth*, *Zigbee* e *3G* ao termo *Lean Manufacturing*, porém a quantidade de trabalhos retornada foi mínima (*Bluetooth* = 0; *Zigbee* = 1; *3G* = 0), gerando a exclusão dessas buscas na revisão sistemática em questão. Foram excluídas publicações de livros ou revisões de conferências. Os resultados obtidos a partir das buscas estão apresentados na Figura 2.

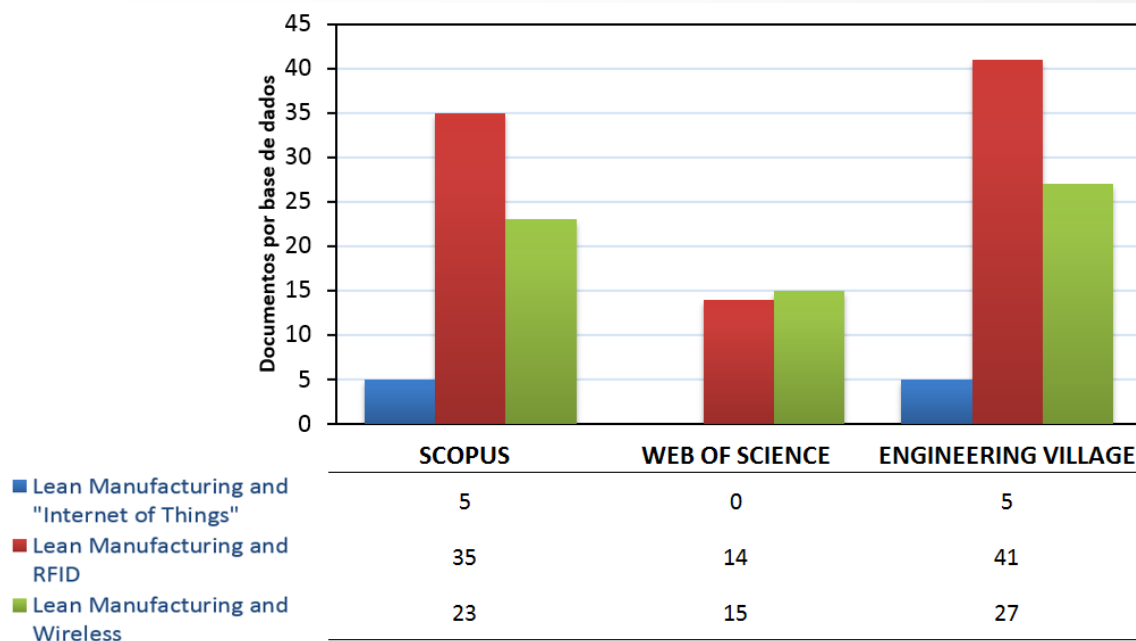


Figura 2 – Resultados da busca nas bases

No total foram encontrados 165 documentos que foram registrados no software *Endnote X7*. Com o auxílio do programa, uma busca por documentos duplicados foi realizada e, após as exclusões destes, restaram 73 documentos. Uma análise quantitativa dos trabalhos selecionados possibilitou um melhor entendimento do panorama das pesquisas sobre as tecnologias da *Internet of Things* aliadas aos conceitos da *Manufatura Enxuta*. A redução de mais da metade da quantidade de trabalhos sinaliza a existência de um alto número de artigos com relevância acadêmica significativa sobre o tema. A Figura 3 apresenta a distribuição das publicações ao longo do tempo e mostra que o tema tem sido alvo de pesquisas desde 2003.

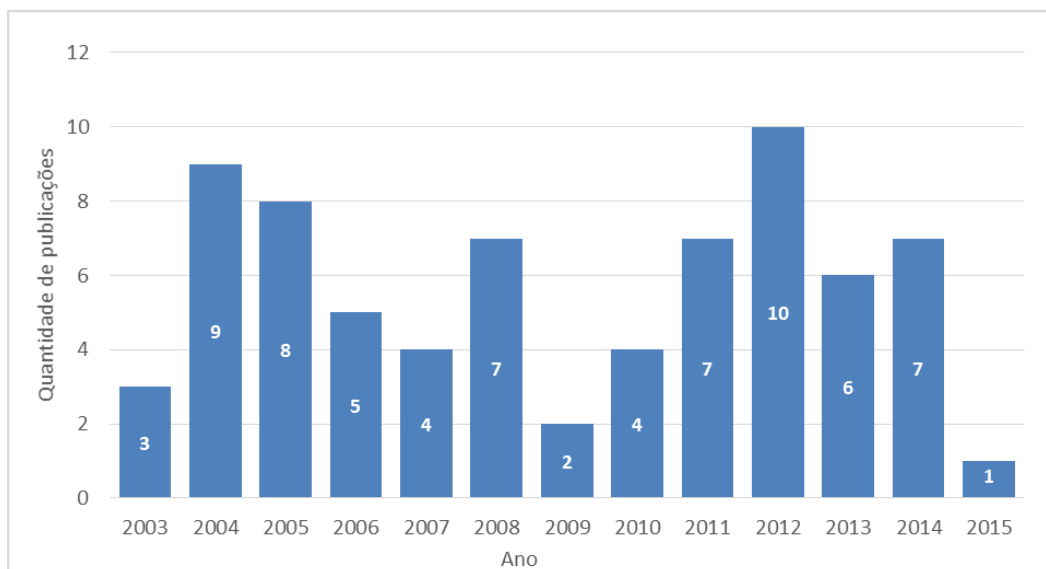


Figura 3 – Distribuição de frequência de publicações relacionando *Internet of Things* com a Manufatura Enxuta.

Uma distribuição de frequência das palavras-chave encontradas nas publicações foi elaborada para verificar quais temas tem maior associação ao contexto pesquisado, conforme apresentado na Figura 4. Além dos termos RFID e *Lean Manufacturing* usados como base principal da busca

pelas publicações, os termos *Supply Chain* e *Inventory Control* aparecem no topo do ranking de frequência, indicando uma boa quantidade de trabalhos relacionados ao estudo da logística.

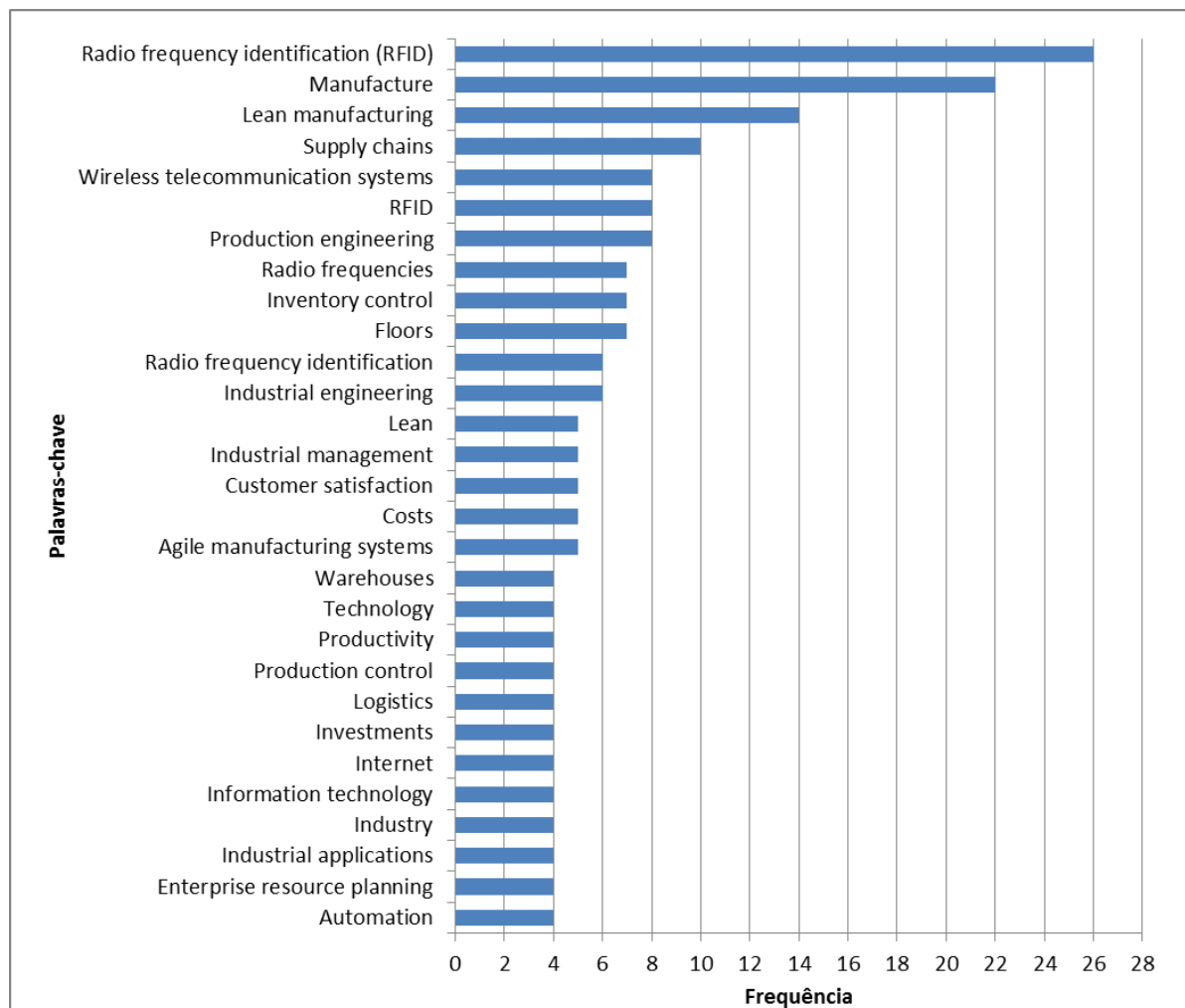


Figura 4 – Distribuição de frequência das palavras-chave das publicações

Em seguida, os 73 documentos foram analisados pelo título e resumo e passaram por uma rodada de exclusão, conforme os critérios listados abaixo:

- Documentos que não abordem a tecnologia RFID como tema chave para o estudo.
- Documentos que não abordem monitoramento do fluxo de materiais no chão de fábrica como tema chave para o estudo.
- Documentos publicados em conferências de baixa relevância acadêmica.

4. Análise da revisão

Foram selecionados 7 artigos para compor a revisão de acordo com os critérios citados anteriormente, sendo lidos e analisados na íntegra. A Tabela 1 apresenta a relação de artigos selecionados.

Título	Ano	Autores
RFID opportunity analysis for leaner manufacturing	2010	BRINTRUP, A.M.; RANASINGHE, D.; MCFARLANE, D.
RFID-Enabled real-time manufacturing for automotive part and accessory suppliers	2010	HUANG, G.Q.; QU, T.; ZHANG, Y.; YANG, H.
Real time facility performance monitoring system using RFID technology	2012	CHEN, K.; CHEN, J.C.; COX, R.A
Evaluating the performance of a discrete manufacturing process using RFID: A case study	2013	ARKAN, I.; LANDEGHEM, H.V
Achieving lean objectives through RFID: A simulation-based assessment	2013	CHONGWATPOL, J.; SHARDA, R.
RFID-enabled smart assembly workshop management system	2013	QU, T.; ZHANG, L.; HUANG, Z.; DAI, Q.; CHEN, X.; HUANG, G. Q.; LUO, H.
Application of ORFPM system for lean implementation: an industrial case study	2014	CHEN, J.C.; CHEN K-M.

Fonte: Autoria própria (2015)

Quadro 1 – Relação de artigos selecionados

Brintrup et al. (2010) identificaram uma série de oportunidades de aplicação do RFID no ambiente de manufatura, onde é possível reduzir as perdas de processo. Além disso, verificaram uma série de problemas enfrentados com a aplicação do código de barras no monitoramento de objetos provenientes da dependência da ação humana para a leitura dos códigos. O estudo propõe quatro ferramentas de visualização que permitem assegurar aos processos de manufatura um ponto de vista de redução de perdas, auxiliando o gestor a encontrar maneiras de como o RFID pode ajudar. Foram criadas três categorias e suas respectivas ferramentas:

- Coleta de Dados: um diagrama de processos e o diagrama de uso e causa foram sugeridos para automatizar a atividade de coleta, a fim de eliminar perdas por transporte e movimentação.
- Dependência de Dados: um diagrama de dependência de dados foi sugerido para verificar a relação cronológica e sequencial das tarefas ao longo do fluxo, a fim de eliminar perdas por espera, defeitos, estoque e superprodução.
- Visibilidade: um diagrama de visibilidade de dados foi sugerido para identificar onde a visibilidade de processo pode ser aumentada e onde possui influência sobre os níveis de estoque, reduzindo as perdas por superprodução e por estoques.

As ferramentas foram testadas em duas empresas de manufatura e o conjunto de ferramentas se mostrou eficaz como um guia autônomo para descobrir o valor da tecnologia RFID.

Huang et al. (2010) pesquisaram as principais aplicações do RFID na manufatura no setor automotivo, revelando uma lacuna entre a oportunidade e o desafio para o pequeno e médio fabricante de peças e acessórios do setor (*Automotive part and accessory manufacturers – APAM*). O estudo visa desenvolver e implementar soluções de visibilidade e rastreabilidade com RFID nas camadas mais baixas da cadeia produtiva automotiva. As empresas do setor foram divididas em três campos de estudo: as que estão considerando introduzir a tecnologia do RFID (Nível 1), as que já iniciaram projetos piloto com RFID (Nível 2) e as que já introduziram a tecnologia nos seus processos por algum tempo utilizando visibilidade e rastreabilidade em tempo real (Nível 3). O artigo aponta as motivações para aplicar RFID no chão de fábrica e como superar os chamados “três grandes problemas”, que são alto custo, alto risco e alto nível de especialidade técnica.

Chen et al. (2012) desenvolveram um sistema on-line de monitoramento de desempenho com uso do RFID para auxiliar na implementação do Lean Manufacturing. O sistema adota a tecnologia de transmissão de dados sem fio por satélite através da internet, fornecendo, em tempo real, informações sobre o fluxo de materiais no chão de fábrica, tais como *lead time* e tempos de transporte. Com as informações coletadas, o sistema acessa o Microsoft Excel para gerar um Mapa de Fluxo de Valor (MFV) para diversos produtos, enquanto um sistema de alarme avisa o operador quando o tempo de produção ultrapassar os tempos esperados. O ambiente *wireless*, através da internet, é montado no chão de fábrica com roteadores distribuídos em posições centrais no sistema, permitindo que os leitores de RFID se comuniquem com a rede local. Adaptadores *wireless* são instalados em cada uma das estações de leitura RFID e, uma vez conectados, o sistema solicita automaticamente as informações para cada estação. Uma vez em funcionamento, o sistema pode monitorar a performance da produção de forma remota.

Arkan e Landeghem (2013) desenvolveram uma solução automatizada de monitoramento de indicadores de produção *Real-Time Location System* (RTLS), com uma antena de Banda Ultra Larga (UWB) e etiquetas RFID. A partir desse sistema, foi possível obter valores de tempo de ciclo, tempo total de processamento, velocidade de atravessamento e taxa de produtos não conformes. Um *middleware* foi desenvolvido para filtrar informações redundantes durante o armazenamento e facilitar análises posteriores. O artigo apresenta um estudo de caso real, onde o sistema RFID-based RTLS foi implementado no departamento de Controle de Qualidade em uma empresa fabricante de para-choques plásticos para carros. Com o software FlexsimR foi realizada uma simulação de tempos para todos os materiais e proposto um novo fluxo, viabilizando a redução do número de operadores em uma área de inspeção de 6 para 5, a fim de reduzir ociosidade. Ao final do artigo, buscou-se validar a pesquisa comparando três fases do ambiente produtivo: antes do RTLS (com dados da empresa); com o RTLS (antes do redesenho) e com o RTLS (depois do redesenho). A média dos tempos de ciclo e a variância aumentaram com o RTLS, subindo ainda mais após o redesenho, mostrando que os dados da empresa estavam errados. O RFID-RTLS se mostrou um bom sistema para rastrear materiais em pequenos ambientes, com viabilidade industrial.

Chongwatpol e Sharda (2013) realizaram um estudo visando responder se as informações obtidas através de soluções RFID são mais efetivas para auxiliar na busca pelos objetivos da Manufatura Enxuta e, caso a resposta fosse positiva, determinar de quais maneiras isso poderia acontecer. Para responder a essas perguntas, foram criadas 6 hipóteses afirmando que a visibilidade proporcionada pelo uso do RFID pode gerar melhorias em comparação a ambientes sem RFID, tais como redução de perdas por estoque, superprodução, espera e processamento. A partir de uma vasta revisão de literatura, as hipóteses foram validadas. Além disso, realizou-se uma comparação de 4 cenários distintos de sistemas de produção com código de barras 1D, 2D e RFID. Os resultados mostraram que as tecnologias de código de barras 2D e RFID apresentam grande oportunidade para redução de desvios em operações, e que o RFID possui mais benefícios em comparação com o código de barras 2D em todos os aspectos, reforçando a suposição de que o RFID possui um excelente potencial para complementar as iniciativas *Lean*.

Qu et al. (2013) relatam que a maioria dos estudos com aplicações de RFID estão focados no nível *pallet*, que facilita o carregamento de dados referentes ao fluxo de materiais entre operações. Nas aplicações de nível *pallet* as etiquetas magnéticas são colocadas em *pallets* ou containers com lotes de produtos ou materiais para armazenamento ou distribuição. Já nas aplicações de nível item, torna-se necessário colocar etiquetas magnéticas individuais para cada produto ou material, de modo a realizar um controle independente de cada item. Assim, os autores visam discutir as implementações RFID no nível item para o desenvolvimento de

mecanismos de controle em tempo real das informações em sistemas de gestão. O modelo proposto compreende três processos típicos na gestão da produção: o planejamento, a execução e a logística. Estes processos são considerados na simulação das aplicações com RFID em uma linha de montagem do setor automotivo. São discutidos os problemas tradicionais de uma linha de montagem e quais soluções e sistemas de gestão baseados em RFID podem ser usados em cada um dos níveis.

Chen e Chen (2014) aplicaram um sistema on-line de rádio frequência para monitoramento de desempenho em uma empresa de manufatura de equipamentos agrícolas para promover a implementação *Lean*. Em comparação com o MFV tradicional, o sistema forneceu informações mais representativas e com menor esforço, promovendo também redução de custos, além de auxiliar o profissional responsável a explorar mais atividades críticas de valor não agregado no processo. O estudo também visa fornecer aos praticantes do *Lean* uma referência para sua implementação em pequenas operações de manufatura utilizando o sistema desenvolvido.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos artigos analisados e aponta os seus principais objetivos.

Título	Resumo
RFID opportunity analysis for leaner manufacturing	Identificação de oportunidades de aplicação do RFID em ambientes de manufatura para redução de perdas de processo.
RFID-Enabled real-time manufacturing for automotive part and accessory suppliers	Identificação das principais aplicações do RFID na manufatura no setor automotivo e reflexão sobre os desafios dos fabricantes de pequeno e médio porte.
Real time facility performance monitoring system using RFID technology	Desenvolvimento de um sistema on-line de monitoramento de desempenho com uso do RFID para auxiliar na implementação do Lean Manufacturing, fornecendo informações em tempo real sobre o fluxo de materiais no chão de fábrica.
Evaluating the performance of a discrete manufacturing process using RFID: A case study	Desenvolvimento de uma solução automatizada de monitoramento de indicadores de produção <i>Real-Time Location System</i> (RTLS), utilizando antenas de Banda Ultra Larga (UWB) e etiquetas RFID para coleta de dados.
Achieving lean objectives through RFID: A simulation-based assessment	Estudo para verificar se informações obtidas através de soluções RFID são mais efetivas para alcançar os objetivos da Manufatura Enxuta e determinar de quais maneiras isso pode acontecer.
RFID-enabled smart assembly workshop management system	Discussão sobre as implementações RFID de nível item no desenvolvimento de mecanismos de controle em tempo real de informações em sistemas de gestão.
Application of ORFPM system for lean implementation: an industrial case study	Aplicação de um sistema on-line com RFID para monitoramento de desempenho em uma empresa de manufatura de equipamentos agrícolas, a fim de promover a implementação <i>Lean</i> .

Fonte: Autoria própria (2015)

Quadro 2 – Resumo dos artigos selecionados.

5. Conclusões

Para alcançar os objetivos da Manufatura Enxuta, torna-se cada vez mais oportuna a utilização das tecnologias representantes da *Internet of Things* no auxílio à coleta e análise de dados, bem como no monitoramento e rastreamento de atividades de manufatura em tempo real. Uma revisão sistemática foi realizada sobre o tema e a análise quantitativa dos artigos selecionados mostrou que o relacionamento entre essas tecnologias e a produção *Lean* tem sido estudado na última década. Os artigos selecionados após filtragem por critérios de exclusão foram

analisados na íntegra e confirmaram a atualidade e a significância do tema. As oportunidades de aplicação do RFID para coleta de dados, bem como a aplicação de sistemas de monitoramento em tempo real, foram abordadas nos trabalhos e mostraram que a integração da *Internet of Things* com a Manufatura Enxuta é benéfica na maior parte das vezes. Por fim, acredita-se que a revisão sistemática abordou um número suficiente de artigos para representar o panorama atual da pesquisa sobre o assunto, mostrando o crescente envolvimento entre os dois conceitos pesquisados.

Referências

- ARKAN, I.; LANDEGHEM, H.V.** Evaluating the performance of a discrete manufacturing process using RFID: A case study. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v.29, p.502-512, 2013.
- BRINTRUP, A.M.; RANASINGHE, D.; MCFARLANE, D.** RFID opportunity analysis for leaner manufacturing. *International Journal of Production Research*, v.48, p.2745-2764, 2010.
- CHEN, J.C.; CHEN K.** Application of ORFPM system for lean implementation: an industrial case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v.72, p.839-852, 2014.
- CHEN, K.; CHEN, J.C.; COX, R.A.** Real time facility performance monitoring system using RFID technology. *Assembly Automation*, v.32, p.185-196, 2012.
- CHONGWATPOL, J.; SHARDA, R.** Achieving lean objectives through RFID: A simulation-based assessment. *Decision Sciences*, v.44, n.2, p.239-266, 2013.
- GHINATO, P.** Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Revista Produção*, v.5, p.169-189, 1995.
- HUANG, G.Q.; QU, T.; ZHANG, Y.; YANG, H.** RFID-Enabled real-time manufacturing for automotive part and accessory suppliers. *International Conference on Computers & Industrial Engineering*, 40, 2010.
- JUELS, A.** RFID Security and Privacy: A Research Survey. *IEEE Journal on Selected areas in communications*, v. 24, n.2, 2006.
- KITCHENHAM, B.** *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Joint Technical Report, Software Engineering Group, Keele University and Empirical Software Eng., Nat'l ICT Australia, 2004.
- MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C.** From the Internet of Computers to the Internet of Things. *Informatik-Spektrum*, v.33, p.107-121, 2010.
- QU, T.; ZHANG, L.; HUANG, Z.; DAI, Q.; CHEN, X.; HUANG, G. Q.; LUO, H.** RFID-enabled smart assembly workshop management system. *International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, ed. 10, p.895-900, 2013.
- SMIHULA, D.** Waves of technological innovations and the end of the information revolution. *Journal of Economics and International Finance*, v.2, p.58-67, 2010.
- SUN, C.** Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Procedia*, v.1, p.106-111, 2012.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o Desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda. 1996.
- ZELBST, P.J.; GREEN JR, K.W.; SOWEW, V.E.** Impact of RFID technology utilization on operational performance". *Management Research Review*, v.33, i.10, p.994-1004, 2010.