

Modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento para a integração de sistemas físico-cibernéticos (CPS) aos processos logísticos das empresas

Technology and knowledge management model for integration of cyber-physical systems (CPS) to the firms logistics processes

Diógenes Marcelo Cassiano Coriguazi¹

Alexandre Tadeu Simon²

Maria Rita Pontes Assumpção³

Resumo

A crescente necessidade de melhorias na eficiência empresarial gera demandas por novas tecnologias. Tais demandas expandem-se para os processos logísticos e os sistemas físico-cibernéticos são as novas tendências para colocar esses processos em um patamar competitivo. Para a efetividade na implementação dessas novas tecnologias, necessita-se desenvolver um modelo de gestão, tanto da tecnologia quanto do conhecimento intrínseco, buscando uma implementação duradoura e que possa ser disseminada em toda a corporação. O objetivo deste artigo é propor um modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento para apoio à integração de sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos das empresas. O modelo proposto objetiva facilitar e agilizar a integração dos sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos das empresas, tais como o fluxo de materiais e o fluxo de informações, por meio da gestão da tecnologia e do conhecimento, possibilitando que as empresas monitorem a melhoria de seu desempenho, sustentando uma vantagem competitiva.

Palavras-chave: Gestão do conhecimento. Gestão da tecnologia. Sistemas físico-cibernéticos. Integração.

Abstract

The increasing needs for business efficiency improvement generates demands for new technologies. Such demands expand to logistics processes and the cyber-physical systems are the new trends to put these processes in a competitive level. For the implementation effectiveness of these new technologies it is need to develop a management model, for both technology and knowledge, looking for a lasting implementation, which can be disseminated through all corporation. The aim of this paper is to propose a technology and knowledge management model to support the integration of cyber-physical systems to the firms logistics processes. The proposed model aims to facilitate and speed up the cyber-physical systems integration to the firms logistics processes, such as material and information flows, by the technology and knowledge management, allowing the firms to monitor their performance improvement, sustaining a competitive advantage.

Keywords: Technology management. Knowledge management. Cyber-physical systems. Integration.

1 Universidade Metodista de Piracicaba.
Piracicaba, SP [Brasil]
dmcoriguaz@unimep.br

2 Universidade Metodista de Piracicaba.
Piracicaba, SP [Brasil]
atsimon@unimep.br

3 Universidade Metodista de Piracicaba.
Piracicaba, SP [Brasil]
mrpontes@unimep.br

1 Introdução

Os processos logísticos vêm gradualmente aumentando sua representatividade estratégica nas empresas. Esses processos representam cerca de 12% do produto interno bruto mundial (Ballou, 2004) e em países como Estados Unidos, Japão, China e também países da Europa, estes custos variam de 7% a 18%, também considerando o produto interno (Ruan, Wu, & Wu, 2012). Portanto, é fundamental que estes processos sejam executados da forma mais eficiente possível.

A utilização de sistemas de informação, como ferramenta tecnológica, tem auxiliado as empresas na melhoria dos processos logísticos, por meio do gerenciamento eletrônico de suas atividades. No final da década de 1990, cerca de 34% das empresas já consideravam essas tecnologias como fatores importantes para a melhoria desses processos (Bradley, Thomas, Gooley, & Cooke, 1999). Assim, a implementação de sistemas de informação, como ferramenta tecnológica, torna-se um processo chave para que ocorra a integração entre os processos logísticos, melhorando sua eficiência, transformando-os em vantagem competitiva para as empresas (Bowersox & Closs, 1996; Torkomian & Piekarski, 2008).

A tecnologia é um conjunto ordenado de conhecimentos (Sábato, 1978), e sua gestão maximiza seu potencial como instrumento de apoio para que as empresas atinjam seus objetivos (Vasconcellos & Andrade, 1996). Observa-se que há um crescente aumento na busca de novas tecnologias por parte das empresas, como forma de, no mínimo, manter a competitividade. Também no final da década de 1990, empresas nos Estados Unidos, por exemplo, já dedicavam aproximadamente 40% dos seus investimentos em novas tecnologias (Veliyath & Fitzgerald, 2000).

Dentre as diversas tecnologias aplicadas nos processos logísticos, tem-se os métodos de identificação de materiais e equipamentos e, mais recentemente, os sistemas físico-cibernéticos, que visam auxiliar as empresas no monitoramento e na melhoria do desempenho desses processos.

No caso dos sistemas de identificação, dois métodos possuem destaque na aplicação em empresas. O primeiro deles é o sistema de identificação por código de barras, que são informações codificadas em barras e espaços de diferentes larguras e distâncias (Burke, 1984). São geralmente utilizados na identificação de materiais e equipamentos, fornecendo informações atualizadas sobre o gerenciamento destes itens (Chen, Li, & Wong, 2002). O segundo é o sistema RFID (*Radio Frequency Identification*), que é composto de uma tecnologia de identificação automática (sem necessidade de contato) onde, por meio de sinais de uma frequência de rádio, são realizados acessos a dados relevantes do material identificado, sem intervenção manual, facilitando a identificação do material ou equipamento em qualquer ambiente (Sun, 2012).

Já os sistemas físico-cibernéticos, um dos requisitos fundamentais para a implantação do conceito da Indústria 4.0, são utilizados na integração entre os sistemas computacionais e os processos físicos, com pouca ou nenhuma intervenção humana, onde objetiva-se atingir melhor eficiência nos sistemas produtivos, por meio do constante trabalho em rede, baseado nos princípios da Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) e *Big Data* (Lee, 2006; Lee, Kao, & Bagheri, 2015).

No entanto, não basta apenas gerenciar as tecnologias. Para que estas realmente resultem em vantagem competitiva, é importante que o conhecimento deste instrumento seja desenvolvido e aprimorado frequentemente, por meio de sistemas avançados (que envolvem máquinas e pes-

soas), que tenham capacidade de aprendizagem (Terra, 2001). Portanto, a gestão do conhecimento, mediante seus processos internos e externos, é de fundamental importância e têm como objetivo identificar, desenvolver, disseminar e atualizar o conhecimento estratégico das empresas (Fleury & Oliveira, 2001). A questão a ser considerada na gestão do conhecimento, refere-se ao processo de tomada de decisão, que envolve, entre outros aspectos, a inteligência emocional das pessoas envolvidas e também ferramentas como a análise hierárquica (Nicolas, 2004, Saaty, 2003). Este processo, quando fundamentado nos dados de seus processos inteligentes (*smart processes*), auxilia os administradores a tomarem as decisões mais pertinentes, suportando em muitos casos a estratégia da empresa (Lam, Choy, Ho, Cheng, & Lee, 2015).

A aplicação de tecnologias e sua gestão têm sido disseminadas em diversos processos industriais como, por exemplo, processos produtivos, processos de planejamento, processos de desenvolvimento do produto e processos logísticos (Burgelman, Christensen, & Wheelwright, 2009).

O objetivo deste artigo é propor um modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento intrínseco, para apoio à integração de sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos das empresas.

O artigo é composto de uma revisão da literatura, método, tópicos para desenvolvimento do modelo como a gestão dos processos logísticos, gestão da tecnologia da informação nos processos logísticos, sistemas de identificação de materiais e equipamentos, sistemas físico-cibernéticos aplicados aos processos logísticos, gestão do conhecimento nos processos logísticos, modelo de gestão do conhecimento e da tecnologia para a introdução e manutenção dos sistemas físico-cibernéticos, e a conclusão.

2 Revisão da Literatura

Nesta seção são apresentados conceitos referentes aos processos logísticos, gestão da tecnologia e do conhecimento, sistema de identificação de materiais, sistemas físico-cibernéticos e desenvolvimento de modelos.

2.1 Processos Logísticos

Na indústria moderna, a logística é frequentemente considerada como um processo importante, no apoio a execução das atividades da operação de manufatura (Lewandowski, Werthmann, Gath, & Lawo, 2013). Os desafios referentes ao aumento da efetividade nos processos, a globalização das cadeias de suprimento, o ciclo de vida dos produtos cada vez menores, a customização em massa e maior velocidade de entrega, tem causado um aumento na competitividade referente as atividades da empresa, conseqüentemente, dos processos logísticos (Prasse, Nettstraeter, & Hompel, 2014). As atividades dos processos logísticos são divididas entre atividades-chave, como marketing, transporte, gerência de estoques e fluxos de informação, e atividades de apoio como armazenagem, manuseio de materiais, compras, embalagem, cooperação com as operações e manutenção de informações. O conjunto dessas atividades tem como objetivo colocar os produtos ou serviços certos, no lugar certo, no momento certo, nas condições desejadas, a um custo razoável (Ballou, 2004). A logística tem ainda como missão planejar e coordenar essas atividades com um nível de qualidade desejado, estabelecendo um *link* entre o mercado e a base de fornecimento (Christopher, 2011).

Para que o objetivo e missão sejam mantidas em níveis competitivos mundiais, é essencial que a logística sempre acompanhe a evolução das empresas, investindo cada vez mais em novas tecnologias e inovações (Lewandowski et al., 2013).

Devido a importância dos processos logísticos, muitas empresas trabalham para integrá-los, com o objetivo de aumentar a eficiência de toda a operação. Este aumento de eficiência pode trazer uma melhoria dos custos operacionais entre 20% e 50% (Antunes, 2012; Vieira, Pasa, Borsa, Milan, & Pandolfo, 2011; Dai & Lee, 2012; Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2010). De uma forma macro, esses processos podem ser integrados internamente, trabalhando com as atividades logísticas em formato *lean*, e também podem ser integrados com toda a cadeia de suprimentos, aumentando o desempenho operacional das empresas (Prajogo, Oke, & Olhager, 2016).

2.2 Gestão da Tecnologia

Em um contexto corporativo, a gestão da tecnologia envolve o controle dos projetos de pesquisa e desenvolvimento, com o intuito de priorizar e alavancar os próximos avanços tecnológicos da empresa, além de buscar reduções de custo e a melhoria do desempenho dos produtos e processos atuais (Torkomian & Piekarski, 2008). Tem-se também a gestão da tecnologia, em um âmbito global, como o processo de planejamento, direcionamento, controle, coordenação e desenvolvimento das capacidades tecnológicas, com foco nos objetivos estratégicos e operacionais de uma corporação (Cetindamar, Phaal, & Probert, 2009).

Para algumas áreas do conhecimento, o sistema de informação tem como conceito o processamento de um dado, de forma que este dado processado apresente algum valor ao receptor, como base para ações futuras (Davis & Olson, 1985). Os sistemas de informação começam a se mesclar com a tecnologia da informação a partir do momento em que se desenvolve uma triangulação que envolve pessoas, processos empresariais e computação (Frost, Pike, Kenyo, & Pels, 2011), de modo que a transmissão da informação seja realizada de forma rápida e ordenada, entre departamentos in-

ternos e externos (Barboza, Costa, & Gonçalves, 2015). Com isso, a tecnologia da informação, principalmente quando pensa-se em redes de comunicação e Internet, tem proporcionado um método seguro, rápido e eficaz, com relação a obtenção, compartilhamento e armazenamento do conhecimento, aumentando a integração entre as áreas das empresas, consequentemente trazendo reduções de custo (Mohamed, Stankosky, & Murray, 2006).

Recentemente as empresas iniciaram a utilização de tecnologias que, com base nos sistemas de informação, comunicação e identificação, criam uma conectividade entre o ambiente físico e o ambiente virtual. Essa tecnologia é conhecida como CPS (*Cyber-Physical Systems*), os sistemas físico-cibernéticos (Lee et al., 2015).

Segundo pesquisas, com a implementação dessas tecnologias, 35% das empresas, em todo o mundo, têm como objetivo um aumento de 20% em suas receitas pelos próximos 5 anos (Columbus, 2016).

Devido esta importância voltada para a tecnologia da informação, países como Estados Unidos, China, Japão a alguns países da Europa, têm utilizado essa ferramenta para o desenvolvimento e crescimento das empresas, sendo que 60% delas têm desenvolvido projetos focados na implementação de tecnologias na logística e em toda a cadeia de suprimentos (Nowakowski, 2011).

Para uma maior eficácia na implementação dos sistemas de informação, têm-se a necessidade de um planejamento ou o desenvolvimento de um modelo, de modo a organizar as etapas de seleção e implementação das tecnologias (Vieira, Coelho, & Luna, 2013).

2.3 Sistemas de identificação

Para sincronizar os sistemas de informação, e as partes físicas dos processos, como peças, ferramentas e equipamentos, é necessário

que haja uma identificação destes itens, de modo que a comunicação ocorra de forma integrada e automática (Broy, 2010). Além do sincronismo, os sistemas de identificação geram uma identidade digital única para os produtos, facilitando sua identificação, localização e até mesmo seu histórico (como as características do material) tudo em apenas um componente de identificação (Mcfarlane & Sheffi, 2003).

Um dos métodos de identificação bastante utilizado é o código de barras, que consiste no armazenamento de informações por meio de uma combinação codificada de barras e espaços de determinados tamanhos e espessuras, que são geralmente impressas em etiquetas, as quais são fixadas nos materiais. A coleta das informações pode ser realizada por meio de um *scanner* ótico, facilitando, assim a forma de armazenamento e coleta dos dados (Burke, 1984).

Outro método que possui uma ampla aplicação é o de identificação por rádio frequência (*Radio Frequency Identification* – RFID), que consiste em um circuito integrado, fixado no material ou equipamento, onde as informações podem ser armazenadas e transmitidas sem que seja necessária a interação física (Chan, Choi, & Hui, 2012).

Evidenciando a importância de sistemas de identificação como o RFID, empresas nos Estados

Unidos, voltadas para o varejo, estimam perdas de aproximadamente 30 bilhões de dólares, devido a uma má identificação dos produtos, e consequentemente falta de rastreabilidade (Mejjaoui & Babiceanu, 2015). O modelo exposto da Figura 1, mostra um formato simples de implementação do RIFD nas operações de uma empresa.

2.4 Sistemas físico-cibernéticos

Para que ocorra a interação entre a tecnologia e o ambiente físico, é necessário que se adote um sistema capaz de tal interação com mínima, ou nenhuma intervenção humana. Os sistemas físico-cibernéticos são capazes de realizar essa interação, por meio do gerenciamento de dados (utilizando ferramentas como a Internet das Coisas – *Internet of Things*), dos processos de identificação física como o código de barras e o RFID e também por meio da *Big Data*, que tem a capacidade de transformar uma grande quantidade de dados em informação e conhecimento para os sistemas físico-cibernéticos (Bringsjord & Schimanski, 2003; Lee, Ardakani, Yang, & Bagheri, 2015).

Além dessa integração, os sistemas físicos-cibernéticos são capazes de fazer com que inicie-se um processo de auto aprendizado, por meio da inteligência artificial introduzida em seus sistemas, que são sistemas computacionais construídos para encontrar o melhor resultado de um pro-

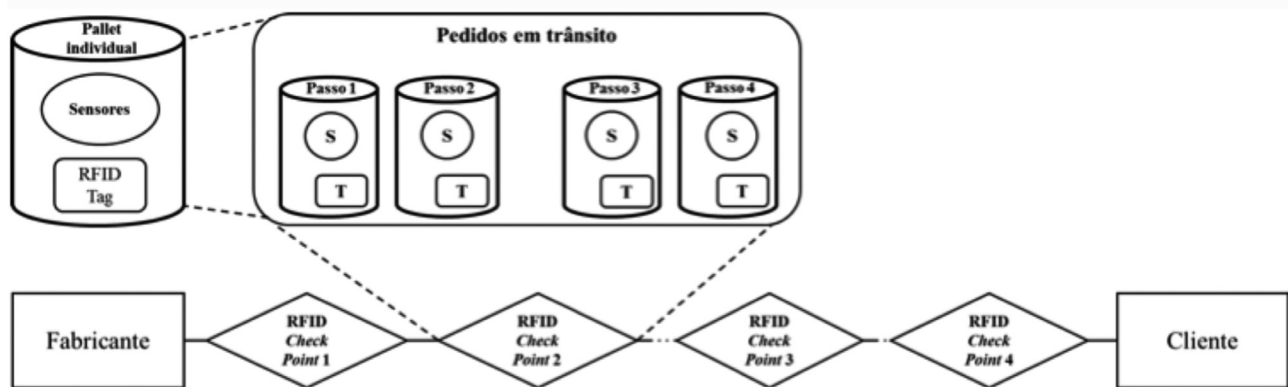


Figura 1: Modelo de utilização de sistema de identificação RFID (Mejjaoui & Babiceanu, 2015)

cesso, aprendendo com resultados, falhas e acertos demonstrados nas atividades (Bringsjord & Schimanski, 2003).

Os sistemas físico-cibernéticos, podem ser aplicados não apenas nas operações de produção ou manufatura, mas também em toda a cadeia de suprimentos, considerando a interconectividade dos sistemas entre empresas, clientes e fornecedores. Alguns autores consideram o CPS (*cyber-physical systems*) como uma ferramenta de preparação para a Indústria 4.0, a qual está relacionada com a quarta revolução industrial, onde a intervenção do homem sobre os processos de manufatura e processos transacionais será quase nula, com a utilização massiva da Internet das Coisas, sensores e também da Inteligência artificial. Para uma aplicação efetiva de sistemas físico-cibernéticos é necessário uma conectividade avançada e em tempo real de dados provenientes dos sensores com a tecnologia da informação, pronta para analisar esses dados e prever a maneira mais eficiente para execução da atividade (Lee et al., 2015; Monostori et al., 2016).

Necessita-se também de um modelo que auxilie na implantação dos sistemas físico-cibernéticos nos processos das empresas, inclusive nos processos logísticos. Esse modelo, além da integração dos processos físicos aos sistemas cibernéticos, permite realizar o gerenciamento de toda a operação, aumentando a eficiência dos processos, conforme Figura 2 (Herenberger et al., 2016).

2.5 Gestão do conhecimento

As inovações tecnológicas dependem da capacidade de as empresas se organizarem e fazerem a gestão do conhecimento por meio da participação em redes estratégicas, para que, dessa forma, desenvolvam vantagens competitivas duradouras (ROELANDT & HERTOOG, 1999). A gestão do conhecimento é o processo pelo qual as empresas criam, acumulam, organizam e uti-

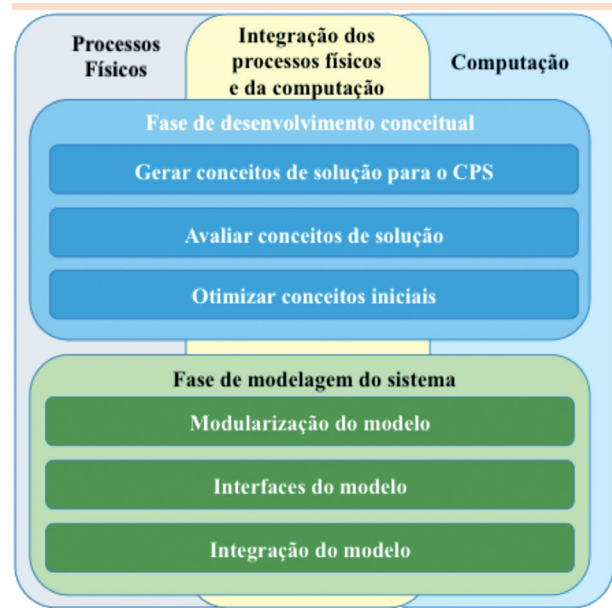


Figura 2: Modelo de integração dos conceitos dos sistemas físico-cibernéticos (Herenberger et al., 2016)

lizam os conhecimentos obtidos, com o objetivo de melhoria organizacional e também para suportar mudanças de estratégias, de processos, de estruturas organizacionais e de tecnologias (Rasula, Vuksic, & Stemberger, 2012). Para que as empresas iniciem uma cultura de gestão do conhecimento, necessita-se de uma infraestrutura de sistemas de informação que auxiliem na absorção e disseminação do aprendizado (Almeida & Costa, 2008). Além dos benefícios mencionados anteriormente, a gestão do conhecimento é, também, um dos processos críticos com relação ao processo de tomada de decisão, pois este processo realiza a integração e coordenação entre objetivos e estratégias das empresas (Ferdows, 2006; Gray, Roth, & Tomlin, 2009; Koufteros, Rawski, & Rupak, 2010).

Tanto nos processos de gestão do conhecimento, quanto nos da gestão da tecnologia, os sistemas de informação são frequentemente citados como base de apoio para o desenvolvimento e controle das ferramentas de ambos os formatos de gestão. Esses sistemas desenvolvem uma infraes-

estrutura adequada para a geração de ideias, criando base e incentivo para geração e disseminação do conhecimento, da inovação e desenvolvimento, a partir de então, de novas tecnologias (Almeida & Costa, 2008).

Do ponto de vista da visão da estratégia baseada em recursos, a tecnologia da informação, como um recurso valioso e custoso para se apropriar ou imitar, eleva a amplitude e profundidade dos fluxos do conhecimento para uma capacidade de gestão do conhecimento, da informação e da própria tecnologia, fazendo com que a empresa adquira um diferencial competitivo (Alavi & Leidner, 2001; Bharadwaj, 2000; Wade & Hulland, 2004).

Assim, deve-se criar um modelo, ou um ciclo contínuo, para a gestão de todo o conhecimento adquirido pela organização, de forma a mantê-lo, transferi-lo e usá-lo da maneira mais efetiva, pelos membros da empresa, conforme apresentado na Figura 3 (Ahmady, Nikooravesh, & Mehrpour, 2016).



Figura 3: Modelo para a gestão do conhecimento (Ahmady et al., 2016)

3 Método

3.1 Classificação da Pesquisa

Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma pesquisa de natureza aplicada, pois

tem como objetivo a geração de novos conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos. Com relação a abordagem do problema, a mesma é considerada qualitativa, pois a pesquisa tem o ambiente como fonte dos dados, e os dados coletados são descritivos, descrevendo o maior número possível de elementos existentes na área estudada. Do ponto de vista de seu objetivo, pode-se dizer que é exploratório, tendo como meta proporcionar maior informação sobre o tema abordado. Com relação aos procedimentos, essa pesquisa é uma pesquisa bibliográfica, pois é desenvolvida com base em material já publicado como revistas, livros, artigos científicos, periódicos, monografias, dissertações, teses e internet (Prodanov & Freitas, 2013).

3.2 Etapas para desenvolvimento do modelo

As etapas foram definidas com base nos conceitos dos processos logísticos, tecnologia da informação, sistemas de identificação de materiais e equipamentos, sistemas físico-cibernéticos, e gestão do conhecimento, com o intuito de descrever o funcionamento desses conceitos por meio de uma gestão integrada. Dessa forma, têm-se descrição das etapas conforme Figura 4.

4 Desenvolvimento do modelo

A seguir serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do modelo, conforme Figura 4.

4.1 Integração dos fluxos de material e informação

Em operações de manufatura, os processos logísticos podem ser executados por até 25% dos colaboradores, representar até 55% da área da empresa e podem ter um alto impacto nos custos operacionais, uma vez que, em alguns casos, represen-

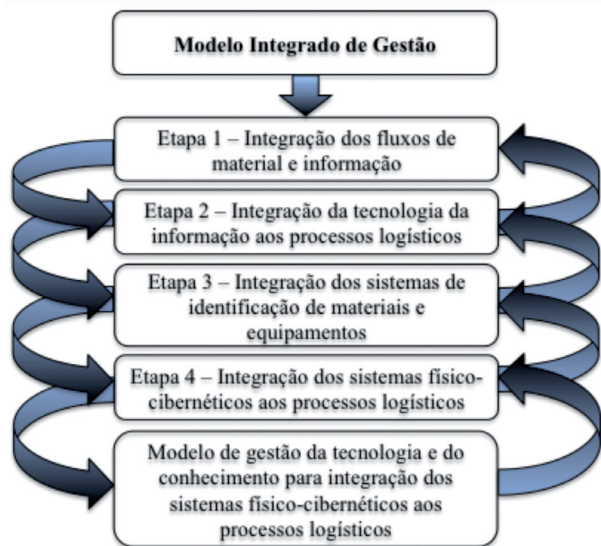


Figura 4: Etapas para desenvolvimento do modelo
Fonte: Os autores.

tam até 87% do tempo de produção, impactando assim de 15% a 70% o custo total da manufatura (Yousefifar, Popp, Beyer, & Wehking, 2015).

Devido a isso, para que a gestão dos processos logísticos ocorra de forma abrangente nas empresas, a mesma deve compreender tanto o fluxo de material, quanto o fluxo de informação, porém essa gestão não deve ater-se a apenas a estes dois fluxos, pois é necessário que ocorra, também, a colaboração, coordenação e cooperação entre clientes e fornecedores em ambos os fluxos (Stock, Greis, & Kasarda, 2000). No fluxo de material, ocorre o controle e coordenação do fluxo da matéria prima dos fornecedores até a empresa, internamente à empresa, e do produto acabado até o cliente final. Já no fluxo de informação ocorre a coordenação do uso da tecnologia da informação e de todo o fluxo de informação em toda a cadeia (fornecedores, empresas e clientes) de forma rápida e precisa, garantido assim eficiência e melhor desempenho em todo o processo (Prajogo & Olhager, 2012). Portanto, a gestão dos fluxos de material e informação deve ocorrer de forma integrada, conforme Figura 5.

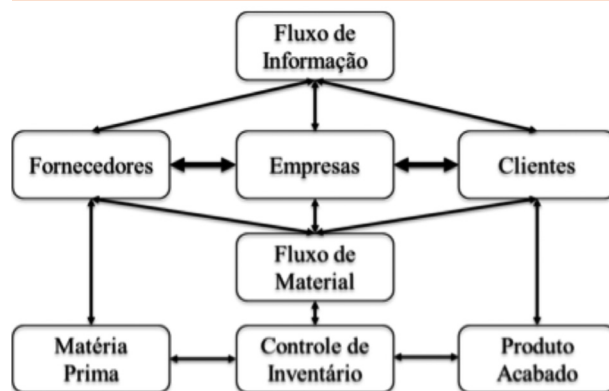


Figura 5: Integração dos fluxos de material e informação
Fonte: Os autores.

4.2 Integração da tecnologia da informação aos processos logísticos

A tecnologia da informação tem se tornado uma das principais ferramentas para apoio à tomada de decisão nos processos logísticos, pela aquisição, processamento das informações e apresentação dos resultados. Essa integração pode aumentar a eficiência em processos logísticos pelo controle do custo do material, da produtividade dos empregados, do giro de inventário e dos serviços aos clientes (Lambert & Stock, 1992).

Os sistemas de informação, com aplicação na logística, podem abranger diversas áreas como finanças, logística interna, compras, produção, recebimento de pedidos, clientes, vendedores, transportadores, recebimento de materiais, gerenciamento de matéria prima, gerenciamento de produtos acabados e expedição (Ballou, 2004). Assim, a tecnologia da informação é uma das ferramentas utilizadas para compartilhar informação em toda a cadeia de forma rápida e precisa entre, por exemplo, estoques de uma empresa e seus fornecedores, entre a expedição e os clientes, quebrando barreiras, anteriormente, existentes entre esses processos, aumentando a eficácia da comunicação (Bowersox & Closs, 1996).

Com isso, alguns dos sistemas que vem tendo sua aplicação gradualmente aumentada nos processos logísticos referem-se ao gerenciamento de dados do produto, gerenciamento do relacionamento com o cliente, sistema automático de controle da qualidade, sistema de gerenciamento de estoque, sistema de execução da manufatura, sistema de identificação de dados por rádio frequência (RFID), sistema de código de barras, sistema de gerenciamento da demanda e, de forma global, o sistema de planejamento dos recursos da empresa (ERP) (Patterson, Grimm, & Corsi, 2003).

Devido a isso, muitas empresas vêm traçando suas estratégias voltadas também para os processos logísticos, principalmente no desenvolvimento de novas tecnologias. No que se refere a introdução dessas novas tecnologias, têm-se que por volta de 9% das organizações já possuem uma estratégia para esse avanço tecnológico, dedicada aos processos logísticos, 44% estão em fase de implantação e 37% planejam implantar estratégias voltadas para esses processos. Como alguns dos benefícios, espera-se uma redução dos custos operacionais, aumento de demanda por novos produtos, maior sinergia entre os processos logísticos, áreas suporte e entre as áreas que dependem desses processos, como a manufatura (Dinter, 2013).

Deste modo, a tecnologia da informação deve trabalhar de forma integrada, principalmente com o fluxo de informação, para melhor controle, velocidade e acuracidade dos processos pertencentes a este fluxo, conforme Figura 6.

4.3 Integração dos sistemas de identificação de materiais e equipamentos

Dois dos sistemas de identificação que são bastante utilizados em várias áreas da indústria, e também na logística, são os sensores que se co-

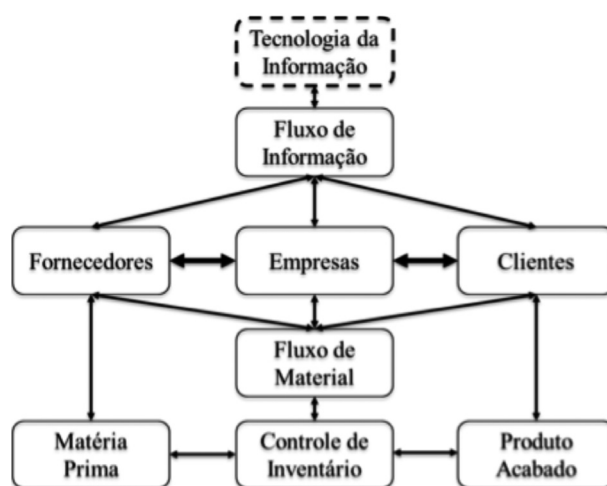


Figura 6: Integração da tecnologia da informação aos processos logísticos

Fonte: Os autores.

municam por rádio frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*) e etiquetas que utilizam códigos de barras. Embora ambos sejam muito aplicados em processos de identificação, o sistema RFID está um passo à frente, sendo utilizado em 60% a 70% dos processos de identificação de materiais, embalagens ferramentas e equipamentos. A aplicação do RFID nos processos logísticos, pode reduzir de 3% a 5% os custos das empresas e gerar um aumento de receita de 2% a 7%, devido ao melhor controle do material, redução de perdas e, conseqüentemente, proporcionar uma redução de inventário (Chan et al.,2012).

Algumas das vantagens da aplicação do RFID são a identificação única, ou seja, cada item tem seus dados particulares registrados nos sensores; o sensor é capaz armazenar dados e fazer a comunicação desses dados de forma eletrônica e automática; os leitores e processadores são capazes de coletar, processar e transmitir dados de múltiplos sensores de forma extremamente veloz, descartando sinais duplicados ou incorretos (Sarma, 2002).

Com relação aos códigos de barras, os dados precisam ser coletados de forma manual; os leito-

res precisam ser aproximados das etiquetas para que a leitura seja realizada; as etiquetas devem ser lidas uma a uma; as etiquetas com os códigos de barras não devem ficar expostas ao tempo, ou em situações que as danifiquem ou prejudiquem a leitura. Ao contrário dos sistemas de RFID, o sistema de código de barras não pode ser usado como localizador do item no estoque ou em qualquer ambiente e os sistemas compatíveis com o código de barras são geralmente limitados a sistemas de informação específicos (Mcfarlane & Sheffi, 2003).

Assim, para que ocorra uma interação com pouca ou nenhuma interação do homem com os processos físicos, o sistema de identificação usualmente mais indicado é o RIFD, devido as suas características de transmissão automática dos dados (Frazzon, Dutra, & Vianna, 2015), e esse sistema, trabalhando de forma integrada com os outros processos, pode aumentar a efetividade da operação. A Figura 7 apresenta o modelo de integração dos sistemas de identificação de materiais e equipamentos.

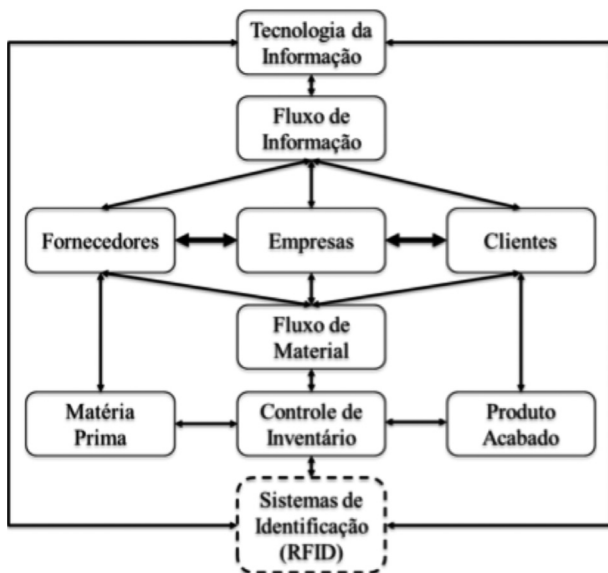


Figura 7: Integração dos sistemas de identificação de materiais e equipamentos
Fonte: Os autores.

4.4 Integração dos sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos

A utilização de tecnologias de informação, comunicação e sensores para a obtenção, transmissão e análise de dados na logística está sendo cada vez mais comum e tem auxiliado na melhoria de eficiência de todos os processos envolvidos. Os sistemas físico-cibernéticos são uma das formas de produzir a interação entre os meios físicos, como materiais, ferramentas e equipamentos, com os meios informatizados, como os sistemas de informação (Frazzon, Silva, & Hurtado, 2015).

Os sensores, como sistemas essenciais para a participação física dos sistemas físico-cibernéticos são geralmente representados pelos sistemas de comunicação por rádio frequência (RFID) e possuem vários atributos que fazem com que a interação do homem seja mínima (Davenport, 2009).

Além dos sensores é necessário que haja o acesso e a interação entre os dados, por meio da Internet das Coisas, que consiste na interação automática e simultânea dos dados disponíveis nos sistemas de informação, tanto da empresa, quando dos fornecedores, parceiros e clientes (Prasse, Nettstraeter, & Hompel, 2014). Todo este processo ocorre com o suporte da *Big Data*, que tem como função a coleta e análise de um grande volume de dados complexos em alta velocidade, provendo maior efetividade na interação do sistemas físico-cibernéticos com os processos logísticos (Frazzon et al., 2015).

Tem-se também a utilização da inteligência artificial, como *softwares* específicos, para que o sistema aprenda com os resultados e se reprograma, se necessário.

A integração dessas ferramentas dos sistemas físico-cibernéticos, em vários processos da empresa, como os processos logísticos, prepara

as empresas que pretendem adotar os moldes da indústria 4.0, trazendo como benefício um potencial ganho econômico (Lee & Lapira, 2013; Lee, Lapira, Yang, & Kao, 2013).

Toda essa tecnologia, utilizada de forma integrada, pode auxiliar as indústrias a alcançar novos patamares, em relação a inovação, fazendo com que se preparem, tecnologicamente, para atingir os conceitos da quarta revolução industrial (ou indústria 4.0). Países como Alemanha, pretendem atingir um valor bruto de 267 bilhões de euros em 2025, por meio da introdução dessas tecnologias (Lee et al., 2015).

A Figura 8 apresenta a integração dos sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos, com o apoio da Internet das Coisas, da *Big Data* e dos *softwares* utilizados como inteligência artificial, todos integrados à tecnologia da informação e aos sistemas de identificação.

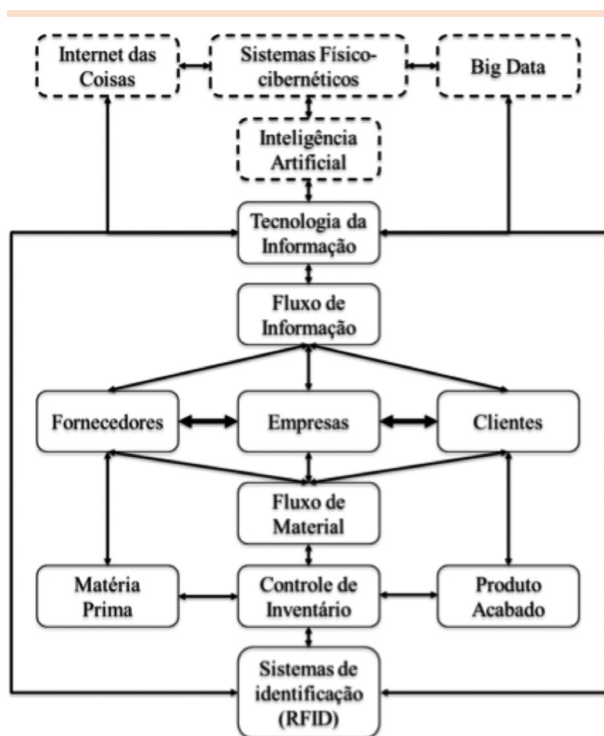


Figura 8: Integração dos sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos
Fonte: Os autores.

5 Modelo de gestão do conhecimento e da tecnologia para a integração dos sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos

Uma das ferramentas que podem ser utilizadas na integração de sistemas é a modelagem, pois ela pode descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo (Berto & Nakano, 2000). O modelo é a representação de um processo, relacionando aos componentes mais importantes de um sistema, e a maneira pela qual estes componentes interagem (Seila, 1995). Além disso, os modelos podem ser utilizados para explicar ou prever as saídas e entradas de um processo, as características desse processo e até mesmo seu desempenho (Bertrand & Fransoo, 2002).

A gestão do conhecimento representa vantagem competitiva em toda a organização. Acredita-se que 80% da gestão do conhecimento nas empresas está relacionada com as pessoas, ou seja, o conhecimento gerado e compartilhado pelas pessoas, e os outros 20% estão relacionados a inovação e tecnologias, muitas vezes trazidas de fora das empresas (Ahmady et al., 2016).

Assim, para que todo o conhecimento adquirido, com a implementação dos sistemas de informação, especificamente dos sistemas físico-cibernéticos, seja mantido nas empresas é necessário a utilização de um método para controle e disseminação deste conhecimento. Além da manutenção deste conhecimento, os colaboradores das empresas devem ser motivados a continuar construindo novos conhecimentos que tragam ideias inovadoras às empresas (Rasula, Vuksic, & Stemberger, 2012).

Por isso, deve-se desenvolver programas de treinamento e captura desses conhecimentos, dentro das empresas, que cooperem com a ma-

nutrição e obtenção do conhecimento (LAM *et al.*,2015). Outro ponto, é o desenvolvimento de uma estrutura voltada para o gerenciamento do conhecimento, que pode ser realizada por meio da criação de processos padrão ou processos de controle, porém sem limitar o poder de criatividade e de disseminação do conhecimento. Assim, a inovação e também processos de *feedback* com relação aos sistemas já implementados, tenderão a incentivar a melhoria contínua (Fugate, Autry, Davis-Sramek, & Germain, 2012). Portanto, deve-se integrar a gestão do conhecimento à estrutura que contempla a os processos logísticos, a tecnologia da informação e os sistemas físico-cibernéticos.

Considerando que modelos podem ser utilizados para representar os componentes mais importantes de um sistema e como estes componentes se interagem (Bertrand & Fransoo, 2002), é proposto na Figura 9 um modelo a partir do qual pode-se realizar a gestão da tecnologia e do conhecimento para a integração de sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos de empresas.

Para o desenvolvimento deste modelo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre escopo da logística empresarial, métodos de identificação de materiais e equipamentos, os sistemas físico-cibernéticos e suas ferramentas, além de modelos de gerenciamento da tecnologia e do conhecimento.

6 Conclusão

Com a introdução das novas tecnologias da informação e práticas inovadoras como os sistemas físico-cibernéticos, é necessário o desenvolvimento de um modelo capaz de gerenciar as tecnologias e o conhecimento intrínseco, para auxiliar as empresas no gerenciamento de seus processos produtivos, de planejamento, de desenvolvimento de produtos e processos logísticos.

A aplicação e gestão dessas tecnologias têm sido disseminadas em diversos processos industriais, no entanto, verifica-se que a gestão do seu conhecimento intrínseco não tem sido contemplada. Buscando, desta forma, uma implementação duradoura que possa ser disseminada em toda a corporação, o objetivo deste trabalho foi

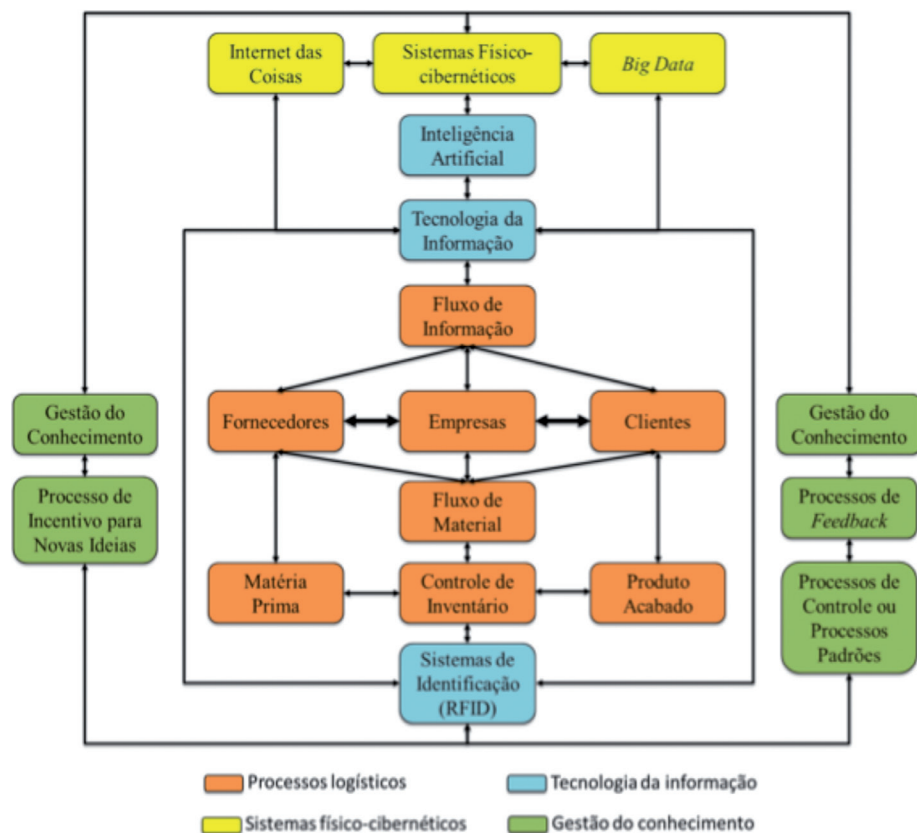


Figura 9 – Modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento para a integração de sistemas físico-cibernéticos

Fonte: Os autores.

propor um modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento, para dar suporte à integração de sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos das empresas.

Para o desenvolvimento deste modelo, foi utilizado um referencial teórico sobre processos logísticos, tecnologia da informação, métodos de identificação, sistemas físico-cibernéticos e gestão do conhecimento, e suas respectivas ferramentas aplicadas à manufatura e à logística.

O modelo opera de forma que as ferramentas da tecnologia da informação atuem de maneira integrada à gestão do conhecimento e aos sistemas físico-cibernéticos, nos processos logísticos, no intuito de estabelecer um formato integrado de gestão, para que a empresa se mantenha em um ciclo de melhoria contínua e de aprendizado referente ao uso de novas tecnologias.

Como resultado, espera-se que este modelo de gestão facilite e agilize a integração de sistemas físico-cibernéticos aos processos logísticos das empresas, por meio da gestão da tecnologia da informação e do conhecimento, de modo a melhorar seu desempenho e sustentar uma vantagem competitiva.

A originalidade deste artigo está na proposta de um modelo que, adicionalmente à gestão da tecnologia, aborde a gestão do conhecimento intrínseco, principalmente quando se trata de tecnologias inovadoras como os sistemas físico-cibernéticos.

A oportunidade para trabalhos futuros é a validação deste modelo em aplicações nas empresas.

Referências

Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Knowledge management and knowledge management systems: conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly* 25, p. 107-136.

Ahmady, G.A., Nikooravesh, A., & Mehrpour, M. (2016). Effect of organizational culture on knowledge management based on Denison model. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 230, p. 387 – 395.

Almeida, A. T., & Costa, A. P. C. S. (2008). *Sistemas de informação e gestão do conhecimento*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Antunes, D. (2008). *Análise de problemas e propostas de melhoria nos processos de abastecimento de materiais às linhas de produção – Um caso de estudo na indústria do automóvel*. Escola de Engenharia. Universidade do Minho, Portugal.

Ballou, R. H. (2004). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística empresarial*. Porto Alegre: Bookman.

Barboza, M. R., Costa, I., & Gonçalves, R. F. (2015). Uma proposta de funcionalidades para sistemas de informação dedicados à logística reversa. *Exacta – EP*, São Paulo, vol .13, n. 2, p. 251-261.

Bertrand, J. W. M., & Fransoo, J.C. (2002). Modeling and Simulation: operations management research methodology using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 22, p. 241-264.

Berto, R. M. V. S., & Nakano, D. N. (2000). A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa. *Produção*, vol .9, p. 65-76.

Bharadwaj, A. S. A (2000) resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly* 24, p. 169-196.

Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996) *Logistical management: the integrated supply chain process*. McGraw-Hill.

Bradley, P., Thomas, J., Gooley, T., & Cooke, J. A. (1999). Technology will play larger logistics role. *Logistics Management and Distribution Report* 38, p. 28-29.

Bringsjord, S., & Schimanski, B. (2003). What is artificial intelligence? Psychometric AI as an answer. *Proceedings of the 18th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, p. 887-893.

Broy, M. (2010). Cyber-physical systems. *Innovation durch Softwareintensive Eingebette Systeme*.

Burgelman, R. A., Christensen, C. M., & Wheelwright, S. C. (2009). *Strategic management of technology and innovation*. (5th ed). New York: Mcgraw Hill / Irwin.

Burke, H. E. (1984) *Handbook of bar coding systems*. New York:Van Nostrand Reinhold Co., Inc..



- Cetindamar, D., Phaal, R., & Probert, D. (2009). Understanding technology management as a dynamic capability: a framework for technology management activities. *Technovation* 29, p. 237–246.
- Chan, H., Choi, T., & Hui, C. (2012). RFID versus bar-coding systems: transactions errors in health care apparel inventory control. *Decision Support Systems* 54, p. 803-811.
- Chen, Z., Li, H., & Wong, C.T.C. (2002). An application of bar-code system for reducing construction wastes. *Automation in Construction* 11, p. 521-533.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and supply chain management*. Prentice Hall.
- Dai, J., & Lee, N. (2012). Economic feasibility analysis of flexible material handling systems: A case study in the apparel industry. *International Journal of Production Economics*, vol. 136, n. 1, p. 28-36.
- Davenport, T. (2009). Realizing the potential of business analytics: plenty of foods for those with the appetite. *Wellesley*.
- Davis, C. B., & Olson, M. H. (1985). *Management information system: conceptual foundations, structure and development*. McGraw-Hill.
- Dinter, B. (2013). Success factors for information logistics strategy - an empirical investigation. *Decision Support Systems* 54.
- Ferdows, K. (2006). Transfer of changing production know-how. *Production and Operations Management* 15, p. 1-9.
- Fleury, M. T., & Oliveira, M. M. (2001). *Gestão estratégica do conhecimento: integrando aprendizagem, conhecimento e competências*. São Paulo: Atlas.
- Frazzon, E. M., Dutra, M. L., & Vianna, W. B. (2015). Big data applied to cyber-physical logistics systems: conceptual model and perspective. *Brazilian Journal of Operations & Production Management* 12, p. 330-337.
- Frazzon, E.M., Silva, L.S., & Hurtado, P.A. (2015). Synchronizing and improving supply chain through the application of cyber-physical systems. *IFAP Papers On Line*.
- Frost, R., Pike, J., Kenyo, L., & Pels, S. (2011) Business information systems – design and app for that. *Flat World Knowledge*.
- Fugate, B. S., Autry, C. W., Davis-Sramek, B., & Germain, R. N. (2012). Does knowledge management facilitate logistics-based differentiation? the effect of global manufacturing reach. *International Journal of Production Economics* 139, p. 496-509.
- Gray, J.V., Roth, A.V., & Tomlin, B. (2009). The influence of cost and quality priorities on the propensity to outsource production. *Decision Sciences* 40, p. 697-726.
- Hehenberger, P., Vogel-Heuser, B., Bradley, D., Eynard, B., Tomiyama, T., & Achiche, S. (2016). Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: methods and applications. *Computer in Industry* 82, p. 273 – 289.
- Koufteros, X.A., Rawski, G.E., & Rupak, R. (2010). Organizational integration for product development: the effects on glitches, on-time execution of engineering change orders, and market success. *Decision Science* 41, p. 49-80.
- Lam, H.Y., Choy, K.L., Ho, G.T.S, Cheng, S.W.Y., & Lee, C.K.M. (2015). A knowledge-based logistics operations planning system for mitigating risk in warehouse order fulfillment. *International Journal of Production Economics* 170, p. 763-779.
- Lambert, D.M., & Stock, J.R. (1992). *Strategic logistics management*. IRWIN.
- Lee, E.A. (2006). Cyber-physical systems – are computing foundations adequate? *NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap*.
- Lee, J, Ardakani, H.D., Yang, S., & Bagheri, B. (2015). Industrial big data analytics and cyber-physical systems for future maintenance & service innovation. *Procedia CIRP* 38, p. 3-7.
- Lee, J., Behrad, B., & Kao, H.A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0 – based manufacturing systems. *Manufacturing Letters* 3, p. 18 – 23.
- Lee, J., & Lapira, E. (2013). Predictive factories: the next transformation. *Manufacturing Leadership Journal*.
- Lee, J., Lapira, E., Yang, S., & Kao, H.A. (2013). Predictive manufacturing system trends of next generation production systems. *Proceedings of the 11th IFAC workshop on intelligent manufacturing systems*, p. 150-6.
- Lee, J., Kao, H., & Bagheri, B. (2015). A cyber systems architecture for industry 4.0 – based manufacturing systems. *Manufacturing Letters* 3, p. 18-23.
- Lewandowski, M., Werthmann, D., Gath, M., & Lawo, M. (2013). Agent-based control for material handling systems in in-house logistics: towards cyber-physical systems in in-house-logistics utilizing real size evaluation of agent-based material handling technology. *Smart Systech*, p. 11-12.
- Mcfarlane, D., & Sheffi, Y. (2003). The impact of automatic identification on supply chain operations. *The International Journal of Logistics Management*.
- Mejjaoui, S., & Babiceanu, R.F. (2015). RFID – wireless sensor network integration: decision models and optimization of logistics systems operations. *Journal of Manufacturing Systems* 35, p. 234 – 245.
- Mohamed, M., Stankosky, M., & Murray, A. (2006). Knowledge management and information technology: can they work in perfect harmony? *Journal of Knowledge Management* 10, p. 103–116.

- Monostori, L., Kadar, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W., & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*.
- Nicolas, R. (2004) Knowledge management impacts on decision making process. *Journal of Knowledge Management*, vol. 8, p. 20-31.
- Nowakowski, T. (2011) Analysis of modern trends of logistics technologies development. *Archives of Civil Mechanical Engineering*.
- Patterson, K.A., Grimm, C.M., & Corsi, T.M. (2003). Adopting new technologies for supply chain management. *Transportation Research Part E* 39, p. 95-121.
- Prajogo, D., & Olhager, J. (2012). Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. *International Journal of Production Economics* 135, p. 514-522.
- Prajogo, D., Oke, A., & Olhager, J. (2016). Supply chain process: linking supply logistics, supply performance, lean processes and competitive performance. *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 36, n. 2, p. 220 – 238.
- Prasse, C., Nettstraeter, A., & Hompel, M. (2014). How iot will change the design and operation of logistics systems. *International Conference on the Internet of Things (IOT)*.
- Prodanov, C.C., & Freitas, E.C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo: Universidade Feevale.
- Rasula, J., Vuksic, V.B., & Stemberger, M.I. (2012). The impact of knowledge management on organizational performance. *Economic and Business Review*, vol. 14, p. 147-168.
- Roelandt, T.J.A., & Hertog, P. (1999). Cluster analysis and cluster-based policy making in OECD countries: an introduction to the theme. *OECD Proceedings. Boosting Innovation: The cluster approach*. Paris: OECD, p. 9-23.
- Ruan, D.X., Wu, D., & Wu, X.B. (2012). The internet of things technology in logistics application: stages, trend and drive modes. *Proceedings of the IEEE ISMOT*.
- Saaty, T.L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research* 145, p. 85-91.
- Sábato, J. (1978). *Sobre la autonomia tecnológica*. Ciência, tecnologia e independência. São Paulo: Livraria Duas Cidades.
- Sarma, S. (2002). Towards the 5c Tag. *Auto ID Center White Paper*.
- Seila, A.F. (1995). Introduction to simulation. *Proceedings of Winter Simulation Conference*.
- Stock, G.N., Greis, N.P., & Kasarda, J.D. (2000). Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management* 18, p. 531-547.
- Sun, C. (2012). Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Conference on Computational Intelligence and Bioinformatics*.
- Terra, J. C. (2001). *Gestão do conhecimento: aspectos conceituais estudo exploratório sobre as práticas de empresas brasileiras*. In: *Gestão estratégica do conhecimento*. São Paulo.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y., & Tanchoco, J. (2010). *Facilities Planning*. (4a ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Torkomian, A.L.V., & Piekarski, A.E.T. (2008). *Gestão da tecnologia*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Vasconcelos, E., & Andrade, V.L. (1996). Planejamento estratégico da tecnologia na Companhia Vale do Rio Doce. *XIX Simpósio de Gestão da Inovação tecnológica*.
- Veliyath, R., & Fitzgerald, E. (2000). Firm capabilities, business strategies, customers preferences, and hypercompetitive arenas: the sustentability of competitive advantages with implications for firm competitiveness. *Competitiveness Review* 10, p. 56-82.
- Vieira, C.L.S., Coelho, A.S., & Luna, M.M.M. (2013). ICT implementation process model for logistics service providers. *Industrial management & Data Systems*, vol. 113, n. 4, p. 484-505.
- Vieira, G., Pasa, G., Borsa, M., Milan, G., & Pandolfo, A. (2011). Materials handling management: a case study. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, vol. 4, n. 2, p. 19-30.
- Wade, M., & Hulland, J. (2004). The resource-based view and information systems research: review, extension and suggestions for future research. *MIS Quarterly* 28, p. 107-142.
- Yousefifar, R., Popp, J., Beyer, T., & Wehking, K.H. (2015). Adaptive intralogistics. *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics – HICL* 20.

Recebido em 31 out. 2016 / aprovado em 13 fev. 2017

Para referenciar este texto

Coriguazi, D. M. C., Simon, A. T., & Assumpção, M. R. P. Modelo de gestão da tecnologia e do conhecimento para a integração de sistemas físico-cibernéticos (CPS) aos processos logísticos das empresas. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 27-41, 2017.

