

# LOGÍSTICA 4.0: CONCEITOS E APLICABILIDADE: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA PARA O MERCADO AUTOMOBILÍSTICO

Matheus Menna Barreto Cardoso de Freitas<sup>1</sup>  
Manoela Adriana de Farias Fraga<sup>2</sup>  
Gilson P. L. de Souza<sup>3</sup>

## RESUMO

Na década de 70, o mundo industrial teve seus paradigmas renovados por uma visão totalmente inovadora de produção integrada com tecnologia e automação dos sistemas produtivos. Hoje existe uma nova tendência de quebra de paradigma de produção mundial, bastante pesquisada e aplicada na Europa, que consiste em uma integração entre internet e fábrica, um espaço *cyber-físico*, onde o sistema interliga as máquinas de uma forma similar a uma organização social chamada **Indústria 4.0**. Consiste em uma nova mentalidade e metodologia que une conceitos atuais de automação industrial, com a conexão por meio da internet entre toda a empresa. Aliar melhorias logísticas com novas tendências de sistemas produtivos é o aspecto que o presente trabalho se propõe a se aprofundar. A dificuldade de enxergar o ganho deste novo conceito tem relação com a falta de informação que a relaciona com a tecnologia atual vista. Atualmente não é notado que projetos de automatização, informação nas nuvens, informações que premunem o planejamento fazem parte deste conceito chamado de Indústria 4.0, ou 4ª revolução industrial. Por se tratar de um tema pouco explorado, há uma dificuldade de referências bibliográficas. Além disso, os projetos existentes são ainda muito incipientes. Por isso, o presente trabalho tem o objetivo trazer esse conceito à tona, bem como mostrar seus benefícios e seus impactos na cadeia de suprimentos.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Indústria 4.0. Logística 4.0. Cadeia de Suprimentos.

<sup>1</sup> Aluno do 10º período do curso de Engenharia de Produção da FAE Centro Universitário. Bolsista do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: matheus.menna@gmail.com

<sup>2</sup> Aluna do 9º período do curso de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Voluntária e coautora do Programa de Apoio à Iniciação Científica (PAIC 2015-2016). *E-mail*: manoelaffraga@gmail.com

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista – Campus Guaratinguetá. Professor da FAE Centro Universitário. *E-mail*: gilson.souza@fae.edu

## INTRODUÇÃO

Hoje, os fornecedores e os clientes do setor automotivo estão localizados ao redor de todo o mundo, o que torna a exigência pela busca da eficiência ainda maior, além da constante pressão pela redução de custos (devido à competitividade). Por isso, esse segmento de mercado que trabalha normalmente com operações de grande porte e de grandes volumes, demanda extrema agilidade nos fluxos de processos, tanto externos (importação e exportação), quanto processos internos (sistema puxado, abastecimento de matéria-prima, transporte entre unidades fabris, janelas de recebimento bem definidas, entre outras).

Com base nesta problemática, avaliar os próprios processos se torna uma ferramenta fundamental para o êxito corporativo. Essa avaliação envolve atualizações conceituais e tecnológicas de seus próprios processos e das novas tendências mundiais, além de um comparativo (*benchmarking*) com a concorrência. O mercado automotivo na cidade de Curitiba-PR é bastante amplo. Diversas montadoras se instalaram na região metropolitana e trouxeram consigo variadas empresas de sua cadeia de abastecimento, como fabricantes de peças, de matéria-prima, de serviços.

O estudo em pauta envolve uma grande multinacional fornecedora de tecnologia automotiva para motores diesel, que tem a logística e a implantação do sistema de produção *cyber-físico* como dois de seus pilares estratégicos. Isto porque, pelo fato de estar presente em todos os continentes, a companhia possui fornecedores e clientes espalhados ao redor do mundo. Especificamente, a fábrica de Curitiba é grande fornecedora de peças para montadores e mercados de reposição do mundo inteiro, fortalecendo ainda mais a importância estratégica do fluxo rápido e eficiente da cadeia de suprimentos. Sendo assim, este trabalho objetiva responder a seguinte pergunta: De que forma os conceitos da Indústria 4.0 podem melhorar os serviços logísticos da empresa “XYZ”?

Com o intuito de responder o problema de pesquisa, o objetivo geral do presente trabalho é analisar e comparar com os conceitos de Indústria 4.0, as aplicações de projetos voltados à logística 4.0 na empresa XYZ. Para isso, os seguintes passos foram tomados:

- pesquisa na literatura de conceitos atualizados de administração da produção, cadeia de suprimentos, Indústria 4.0 e Logística 4.0;
- apresentação de conceitos da Logística 4.0 e de sua aplicabilidade;
- levantamento de projetos no objeto de estudo onde os conceitos estão sendo aplicados;
- apresentação de uma tabela comparativa de projetos x conceitos.

Após a realização de todas essas etapas, o resultado esperado com a elaboração desta pesquisa é a identificação de oportunidades e a indicação da aplicabilidade de melhoria nos serviços logísticos para uma empresa do setor automotivo na cidade de Curitiba por meio do estudo e comparação da teoria, com os projetos desenvolvidos sobre Indústria 4.0 na empresa “XYZ”.

## 1 SISTEMAS PRODUTIVOS E CADEIA DE SUPRIMENTOS

Nos primórdios de nossa civilização, a produção estava nas mãos do artesão, que detinha o conhecimento altamente especializado e todas as suas ferramentas. O desenvolvimento natural de nossa sociedade desencadeou uma procura cada vez maior por produtos e uma demanda mais diversificada, de modo que exigiu dos artesãos um compartilhamento de oficinais, equipamentos e insumos.

A constante evolução da sociedade continuou exigindo do setor de manufatura a adaptação às novas demandas e tecnologias. Dessa forma, segundo Duarte e Gugelmin (2013), empresários começaram a administrar os processos e insumos em uma escala cada vez maior. Inevitavelmente chegou um momento em que, juntamente com a evolução tecnológica dos equipamentos, surgiu uma verdadeira revolução nos métodos de produção, a Revolução Industrial, e o surgimento da máquina a vapor nos séculos XVIII e XIX. Não era mais possível administrar e deter os próprios insumos, tornou-se necessário estabelecer relações de fornecimento e entrega de produtos.

De lá até o presente momento, foi possível verificar uma evolução industrial em todos os aspectos do gerenciamento das companhias. Novas máquinas, novas metodologias de organização da produção, novas demandas, novos cenários, globalização, internacionalização de empresas, de forma que não é mais apenas a qualidade do produto que conquista o fornecedor, mas também o preço, agilidade de entrega, adequação ao uso, boa campanha de marketing, confiança na marca etc.

Portanto, o cenário altamente competitivo em que as empresas estão inseridas exige dos gestores e dos empresários uma atitude cada vez mais voltada para a gestão e administração de seus recursos, a fim de aumentar as receitas e diminuir os custos e despesas. De acordo com Ayres (2009), “O planejamento é de extrema importância por significar, na realidade, um exercício de visualização do futuro e, como tal, permitir ao gestor a antevisão de dificuldades”.

Portanto, a administração da produção envolve a análise, estudo e desenvolvimento de técnicas e recursos para a gestão da produção de bens e de serviços. Uma gestão eficaz

das operações e dos recursos, possível através da melhoria de processos, criatividade e inovações na produção, é fundamental para que a empresa se mantenha competitiva e desenvolva um sistema de produção adequado às suas necessidades.

A expressão “sistema de produção” é oriunda da administração da produção e descreve a abordagem sistemática para cumprir as ordens e etapas do processo produtivo, desde o momento do pedido do consumidor até o momento da entrega do produto manufaturado. Slack, Chambers e Johnson (2009) afirmam que um sistema de produção deve descrever os princípios, processos, métodos e regras para cumprir todas as suas etapas. É um guia para mostrar aos colaboradores e gestores quais são suas tarefas e responsabilidades. Vale destacar que essas regras e métodos não são fixos, mas sim constantemente melhorados ao longo do tempo.

Desde a produção em massa, criada por Henry Ford nos Estados Unidos, até a abordagem de produção enxuta japonesa, os requisitos para uma produção eficiente mudaram muito. Hoje, a habilidade de otimizar sistemas complexos de produção e de cadeia de suprimentos é fundamental para a viabilidade futura das indústrias. Procedimentos, métodos e regras são requisitos fundamentais para a conservação de recursos, produção eficiente e eliminação do desperdício.

Muitos dos sistemas de produção na indústria automotiva, assim como em outras indústrias, foram criados com base nos princípios do sistema de produção Toyota, que é o mais conhecido e difundido até hoje, bem como adaptado à diversas realidades. Como exemplo, grandes empresas como BMW, Daimler, Porsche e Ford possuem seu próprio sistema de produção há muitos anos. Apesar de parecerem muito diferentes entre si, todos os sistemas têm o mesmo objetivo: a busca pela produção mais eficiente, rápida, flexível e contínua possível, de modo que consigam atender às demandas voláteis dos consumidores com o menor custo possível.

Um dos setores que tem grande peso na flexibilidade e rapidez das empresas para atender demandas voláteis é a cadeia de suprimentos. Esse conceito é uma evolução do pensamento corporativo e um processo fundamental no bom funcionamento de uma companhia e na administração de suas operações. De acordo com Slack, Chambers e Johnson (2009, p. 145), “Uma perspectiva de rede de suprimento significa definir a operação no contexto de todas as outras operações com as quais interage, algumas das quais são seus fornecedores e outras, seus clientes”. A gestão da cadeia de suprimentos significa gerir a interconexão das empresas com as quais existe interação além das fronteiras da corporação, significa integrar processos e alinhar procedimentos de modo que o resultado seja produtos e serviços para o último elo dessa cadeia: o consumidor.

Como parte dessa grande rede de suprimentos é importante destacar o setor de logística empresarial. Pires (2004, p. 58) afirma que “Logística é a parte dos processos da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e estocagem de bens, serviços e informações correlatas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo”. É objetivo da logística tornar disponíveis produtos e serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados. Atingir um bom nível logístico significa satisfazer o cliente pelo menor custo total possível.

Logística é a parte mais tangível da rede de suprimentos, nela visualizam-se inúmeros processos capazes de otimizar resultados e criar vantagens competitivas, eliminando o *gap* entre a produção e a demanda. Planejamento, organização e controle efetivo das atividades de movimentação, seja ela de recebimento, movimentação interna ou expedição, são atividades essenciais que visam facilitar o fluxo de produtos (BALLOU, 2009).

Hoje é possível perceber nas grandes corporações uma mudança no enfoque logístico. A visão tradicional era uma visão operacional da cadeia, onde existiam enormes estoques, *lead time* longo, foco nos custos e uma concorrência baixa. Hoje em dia o foco é totalmente estratégico, com estoques zero, *lead time* curto, visão integrada da cadeia de suprimentos, foco nos serviços etc. A atuação do gestor logístico deve incluir decisões táticas frente aos meios de transporte a serem utilizados, *lead time* dos processos, entregas de materiais, níveis de estoque, rotas internas e externas (*milk-run*). É importante citar que o foco deve estar não apenas na sua própria corporação, mas também na qualidade dos serviços prestados por seus fornecedores dentro da cadeia logística. Tudo isso refletirá no consumidor final.

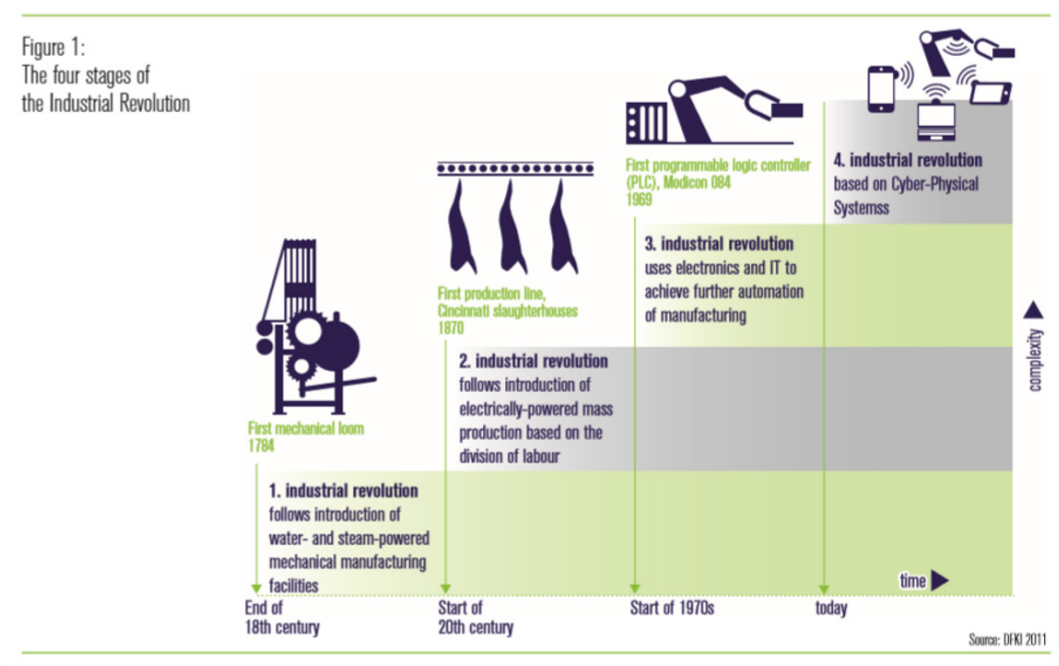
Portanto, assim como as demandas de mercado e dos consumidores, a evolução dos conceitos de sistemas de produção e de gestão de cadeia de suprimentos deve ser volátil, deve se adaptar a novas realidades e tendências. Estamos hoje vivendo o que muitos estudiosos e governos chamam de **4ª revolução industrial**. O mundo produtivo caminha para um estágio avançado de desenvolvimento organizacional e administração da cadeia de valor, quebrando paradigmas entre a forma centralizada e descentralizada da produção, revertendo a lógica do processo produtivo: a revolução da Indústria 4.0.

## 2 INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 é uma expressão que surgiu na Alemanha e rapidamente se difundiu pela Europa, podendo adquirir outras nomenclaturas, como “fábricas inteligentes”, “A Internet das coisas industrial”, “indústria inteligente” ou “produção avançada”. Nada mais é do que uma evolução nos conceitos fabris que nos ajudam a atingir os objetivos de desempenho já citados ou de melhoria contínua de processos tão desejada hoje em dia.

De acordo com DFKI (*German Research Center for Artificial Intelligence*) apud Kagermann et al (2013), essa quarta fase da revolução industrial está baseada no conceito de Sistemas *cyber*-físicos, ou seja, um sistema complexo que não conecta apenas as máquinas (como na terceira fase da revolução industrial), mas cria um *network* de máquinas, propriedades, ativos, sistemas de informações em toda a cadeia de valor e por todo o ciclo de vida do produto. Ou seja, sensores e sistemas de controle permitem que as máquinas se mantenham conectadas à diversas plantas, redes, transportadores, seres humanos etc. Isso significa que o maquinário não apenas irá processar os produtos, mas irá comunicar-se com eles e fazer exatamente o que eles ordenam.

FIGURA 1 – Quatro estágios da Revolução Industrial

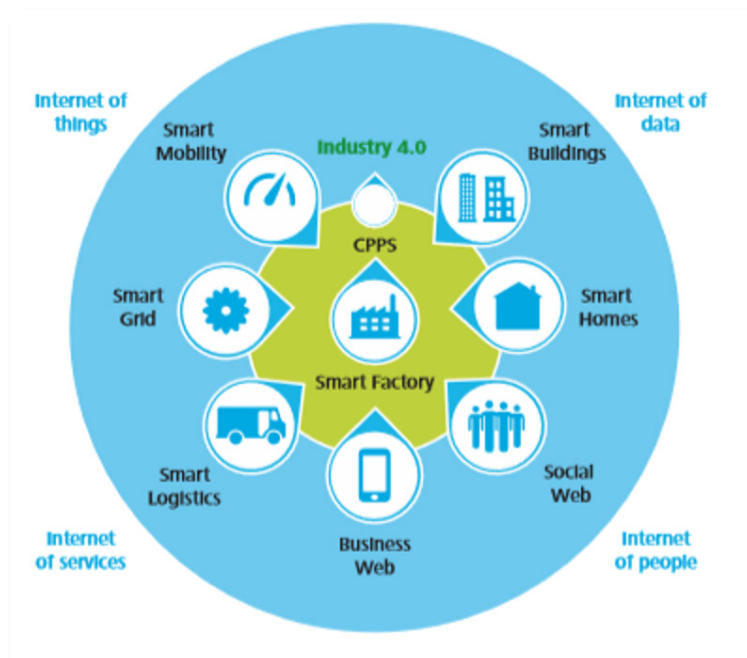


FONTE: DFKI (2011)

A FIG. 1 exemplifica exatamente os quatro estágios da revolução industrial, começando no final do século XVIII com a introdução das máquinas de vapor nos processos produtivos. Já no começo do século XX, temos a introdução das máquinas elétricas e o processo de produção em massa. Na década de 70, o sistema produtivo foi automatizado, e, por fim, temos nos dias atuais a tendência da incorporação do Sistema *cyber*-físico.

A FIG. 2 apresenta o ambiente em que a Indústria 4.0 está inserida.

FIGURA 2 – Ambiente da Indústria 4.0



FONTE: Deloitte AG (2014)

É de importância fundamental para a Indústria 4.0 a sua interface com infraestruturas inteligentes, como casas inteligentes, prédios inteligentes, logística inteligente, entre outros, bem como interconectar a rede de negócios com a rede social. Essa interconexão que a Indústria 4.0 permite, trará enormes mudanças na manufatura do futuro. Mas porque só agora esse conceito está sendo aplicado se a internet já existe há muito tempo? Na realidade, as tecnologias como inteligência artificial, robôs e sensores já existem há cerca de 20 a 30 anos, porém somente agora, com o crescimento massivo dos poderes dos *hardwares*, e a redução de seus custos, essa tecnologia se tornou viável ao mundo industrial.

Nesse sentido, a nova indústria digital promete aumentar:

- 1 A flexibilidade na produção:** A utilização de robôs configuráveis significa um aumento na variedade de produtos que podem ser produzidos em uma mesma fábrica. Essa customização em massa vai permitir a produção em pequenos lotes, devido à habilidade de configuração das máquinas de acordo com as especificações ou exigências do fornecedor/consumidor. Essa flexibilização também permite inovação, visto que protótipos ou novos produtos podem ser produzidos rapidamente sem necessidade de novos *setups* ou novas linhas de produção.

- 2 **Customização em massa:** Com fábricas altamente automatizadas, as indústrias não precisarão mais se localizar em países distantes onde a mão de obra é mais barata, porém o custo de transporte é alto. Sendo assim, clientes poderão enviar suas próprias sugestões em alterações nos produtos que poderão ser rapidamente produzidos com baixos custos. O aumento da tecnologia permitirá uma redução no tamanho das indústrias, facilitando sua presença em mais lugares ao redor do mundo. Fábricas automatizadas (*"lights off"*), menores e descentralizadas permitem uma melhor eficiência energética.
- 3 **Aumentar velocidade:** A modelação dos processos de produção virtualmente pode reduzir o tempo entre o *design*, produção e entrega dos produtos. A velocidade do processo na cadeia de valor pode reduzir em 120% em termos de entrega de pedidos e 70% em termos de entrega ao mercado consumidor.
- 4 **Melhor qualidade:** Sensores podem monitorar a qualidade de cada peça produzida ao invés de utilizarmos o método de amostragem para determinar a qualidade do produto. Isso permite que a máquina se ajuste em tempo real para corrigir esse erro que gera produtos defeituosos. O aumento na qualidade do produto reflete em uma redução de desperdício e refugos significativa.
- 5 **Melhor produtividade:** Pela utilização de sistemas avançados analíticos, é possível preparar programas de manutenção preventiva, evitando falhas no chão de fábrica e reduzindo o tempo parado em até 50%. Algumas empresas poderão desligar as luzes da fábrica enquanto máquinas trabalham sem luz e sem aquecimento enquanto a equipe vai para casa. Com isso, os trabalhadores poderão focar seus esforços em funções de gestão e inovação. A fábrica da Philips na Holanda produz em uma fábrica com 128 robôs e nove trabalhadores.

Esses atingíveis, ou essas melhorias nos fatores de desempenho devem seguir alguns conceitos pré-estabelecidos pela ideia da indústria 4.0. São eles:

- 1 **Networking vertical dos sistemas de produção:** Nada mais é do que o já citado sistema de produção *cyber-físico*. Esse *networking* permite uma rápida reação a variações de demanda ou níveis de estoque. Recursos e produtos estão interligados, e materiais podem ser colocados em qualquer lugar em qualquer momento. Alterações em pedidos, flutuações de qualidade, paradas de máquinas e desgastes de ferramentas podem ser resolvidos de forma mais ágil, permitindo que as máquinas sejam melhores preparadas. Em todas essas situações, o custo é reduzido. A demanda por funcionários na produção, armazenagem, logística e manutenção também muda, ou seja, é exigido um novo nível de habilidades. Exemplo: As máquinas e os operadores logísticos



ou transportadores saberão em tempo real quando uma peça está sendo produzida em outra máquina. Dessa forma, todo o maquinário se adapta aos passos da produção de cada produto, conectando com os almoxarifados para abastecimento de linha. Um produto quando está quase finalizado pode se comunicar com os almoxarifados “solicitando” ser coletado e entregue ao cliente.

- 2 Integração horizontal na cadeia de valor:** Ou seja, transparência nos processos da cadeia, um alto nível de flexibilidade e otimização global. O sistema de produção de Indústria 4.0 permite a integração de informações desde o almoxarifado, passando pelo armazenamento, produção, marketing e vendas, até a expedição. O sistema garante a história de todo o processo produtivo de cada produto, um conceito conhecido como memória do produto. Isso garante a transparência e flexibilidade em toda a cadeia produtiva, desde o fornecedor, passando pela produção, até o cliente final. A customização ou adaptações no produto solicitado pelo cliente pode ser feita em todas as etapas do processo, como no desenvolvimento do produto, no pedido, no planejamento, na composição, distribuição, e não apenas na produção. Isto permite a melhoria de qualidade, tempo e sustentabilidade, reduzindo o risco em tempo real.
- 3 Engenharia por toda a cadeia de valor:** Ou seja, uma interdisciplinaridade entre a cadeia de valor e o ciclo de vida dos produtos e clientes. As informações estão disponíveis em todos os estágios do ciclo de vida do produto, permitindo novos e mais flexíveis processos. Exemplos: utilização de plantas e linhas de produção virtuais para preparar a adaptação física. Todos os processos são previamente simulados e verificados virtualmente. Somente quando a solução final virtual está pronta é que a adaptação é feita na linha.
- 4 Desenvolvimento tecnológico e inteligência artificial:** A indústria 4.0 já exige soluções automatizadas altamente autônomas. A inteligência artificial tem a capacidade de aumentar ainda mais essa autonomia, levantando significativamente os índices de individualização e flexibilização. A inteligência artificial planeja as rotas dos veículos autônomos nos almoxarifados, economiza tempo e custo na cadeia de suprimentos, e ajuda a encontrar novas soluções de *layout* que permitam a cooperação entre humanos e máquinas. Exemplos: a presença de nano sensores que poderão permitir um manuseio conjunto de peças entre humanos e robôs; os robôs poderão ser controlados remotamente, ou seja, se algo acontecer, o operador receberá uma mensagem em seu celular, ligará a *webcam* para que consiga visualizar o problema e poderá dar instruções ao robô para permitir que a produção continue antes de ele retornar à fábrica no dia seguinte; a manutenção via aérea com drones que auxiliam

nos inventários dos almoxarifados e no controle dos níveis de estoque; a impressão 3D que permite novas abordagens de produtos, ou novas soluções em cadeias de suprimentos que podem levar a uma inovação disruptiva nos modelos de negócio.

De acordo com documentos do Davies (2015), membro do Parlamento Europeu, essa nova forma de produção pode apresentar um aumento de eficiência e um ganho de produtividade de aproximadamente 6% a 8% no mundo todo. A Alemanha prevê que a Indústria 4.0 possa contribuir cada ano com 1% a mais no desenvolvimento do país, criando até 390 mil novas vagas de emprego. O investimento nesse novo sistema de produção deverá sofrer um acréscimo globalmente de US\$ 20 bilhões em 2012 para US\$ 500 bilhões em 2020.

O conceito de Indústria 4.0 consiste em rápidas alterações no *design*, produção, operação e serviços das indústrias. Resumindo, tudo o que estiver ao redor de uma indústria de manufatura (fornecedores, plantas, distribuidores, produtos) estará conectado digitalmente, provendo uma cadeia de valor altamente integrada.

### 3 LOGÍSTICA 4.0

Em resposta às várias tendências que surgiram durante o início do século 21, a velocidade da combinação entre a cadeia de abastecimento tem aumentado e deverá tornar-se muito mais rápida e de curto ciclo. Portanto, a futura vantagem competitiva das redes de fornecimento e das empresas envolvidas nelas provavelmente será determinada pela capacidade de flexibilidade, bem como planejamento contínuo e reação às mudanças em meios de produção e de consumo (BHARADWAJ et al., 2013; AGARWAL; BREM, 2015; HÄNEL; FELDEN, 2016, p. 261). No entanto, a maioria dos processos de hoje não estão suficientemente preparados para isso e devem ser mudados para acomodarem os requisitos da Indústria 4.0. Tradicionalmente, segundo (BHARADWAJ et al., 2013; HOMPEL; HENKE, 2014, p. 615). A participação dominante dos processos logísticos foi definida pela estabilidade e especialização.

Geralmente, o fluxo de mercadorias era desencadeado pelo movimento de objetos físicos, tais como os mesmos materiais, para outros produtos, ou suportes de informação baseados em papel (cartão *kanban*, por exemplo). No entanto, Hompel e Henke (2014, p. 619) afirmam que, se as organizações continuarem com essa maneira de pensar, elas vão seguir rumo “ao fim” por tentar só procurar um meio mais rápido de processamento de dados e materiais. Embora esse rápido processamento tenha algum valor, os autores argumentam que tais esforços não irão fornecer as necessárias mudanças nos processos substanciais, que são necessários nas redes de negócios flexíveis do futuro.

Conseqüentemente, os processos de logística devem mudar radicalmente seus padrões de comportamento através da integração de sistemas *cyber*-físicos. As empresas já começaram a implementar tecnologias da Internet das coisas baseadas em RFID (LEE; LEE, 2015 p. 431-440). No entanto, o desenvolvimento da conectividade é estimado em constituir apenas o ponto de partida no caminho para processos de logística que são caracterizados como “autônomos”, conectados e de materiais logísticos flexíveis.

Atualmente, os esforços de pesquisa e desenvolvimento caminham para outros tipos de sistemas mais avançados, inteligentes e robotizados (LEE; LEE, 2015). A visão de que os processos de logística irão transformar a indústria que conhecemos atualmente (HOMPEL; KERNER, 2015), exige novas perspectivas sobre os processos. São necessários esforços científicos respectivos para orientar os profissionais em seu desafio de transformação para processos logísticos de Indústria 4.0.

Para Shankar et al. (2015), a chave para a visualização do material *in-transit* são as nuvens baseadas em GPS e a tecnologia dos identificadores de rádio frequência (RFID) que fornecem identidade, localização e rastreamento. Essas são as “espinhas dorsais” da logística 4.0 e estão relacionadas à cadeia de suprimentos. Os dados recolhidos a partir de tecnologias GPS e RFID não só permitem os profissionais da cadeia de suprimentos a automatizar envio e entrega prevendo exatamente o tempo de chegada; como eles também podem monitorar detalhes importantes como controle de temperatura, que pode impactar a qualidade do produto em trânsito.

A Internet das coisas pode trazer todos esses benefícios juntos no seguinte caminho: colocando o *chip* de RFID em um *pallet*, por exemplo, com um dispositivo integrado no veículo de remessa onde os dados são transferidos para as nuvens e os dispositivos conseguem identificar o *pallet* não apenas compartilhando a posição com coordenadas do GPS, como também traz outros dados como condições adversas de tempo, congestionamento e os dados específicos do *driver* (ou seja, padrão de condução, velocidade média etc.).

Combinando os dados do sensor em tempo real com dados sustentáveis, tem-se inteligência de ordem mais alta aos *stakeholders*, permitindo a estes fazerem decisões eficientes que impulsionam a produtividade geral. Isso faz com que o processo da cadeia de suprimentos haja de um modo reativo para o modo proativo, oferecendo informações bem antes de qualquer atividade acontecer.

Por exemplo, fornecendo informações sobre trânsito e possível atraso antes do trajeto de viagem começar, tem muito mais valor do que receber um alerta quando um produto já está preso no tráfego. Essa inteligência sensível ao contexto pode aumentar a visibilidade da cadeia de abastecimento através da implementação da Internet das coisas.

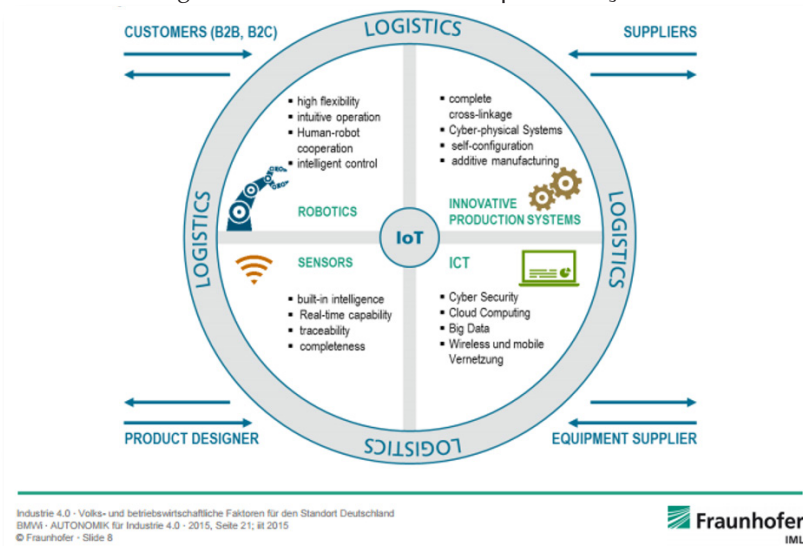
Os conceitos da Logística 4.0 podem ajudar profissionais da cadeia de suprimentos das seguintes formas:

- Redução da perda de ativos – Conhecer os problemas dos produtos em tempo para encontrar uma solução.
- Economia de custos de combustível – Otimizar rotas de frota, monitorando as condições de tráfego.
- Garantia da estabilidade de temperatura – Monitorar resfriamento que, de acordo com o Ministério da Agricultura dos Estados Unidos, cerca de um terço dos alimentos perecem em trânsito a cada ano.
- Gerenciamento do estoque do armazém – Monitorar inventários em situações de peças fora do estoque.
- Identificação da visão do usuário – Sensores incorporados fornecem visibilidade sobre o comportamento do cliente e uso do produto.
- Criação da eficiência de frotas – Reduzir as redundâncias.

O conhecimento aprofundado da demanda e da rede de suprimentos não beneficia apenas fabricantes, distribuidores e varejistas, mas também os consumidores, visto que suas demandas podem ser melhores atendidas com esse nível elevado de inteligência. A Internet das coisas para a cadeia de suprimentos e transporte nas indústrias faz parte do quadro de mais amplo cenário de negócios digitais, conectando dispositivos que permitem com que as organizações trabalhem de forma mais sábia, com planejamento adequado e fomentando processos de tomadas de decisões mais inteligentes.

A FIG. 3 apresenta o conceito da Internet das coisas na logística, exemplificando toda a integração e flexibilidade citada acima como benefícios desse novo conceito.

FIGURA 3 – Logística 4.0 e suas áreas de implementação



FONTE: Akinlar e Sevket (2014)

Para que se atinjam os objetivos e benefícios citados, existem inúmeras ferramentas e sistemas em construção e aprimoramento. Quando se fala em logística, podemos citar alguns exemplos: *Dynamic T* (Transporte dinâmico de *Milk-Runs*), isto é, transportes internos flexíveis, baseados na informação a tempo real, ou seja, sem rotas previamente definidas, evitando que se passe por pontos de entrega que não precisam de abastecimento. Outro aspecto é a reação imediata a qualquer emergência para alteração na rota de transporte. *Visual TAGS* (Códigos visuais) e *Smart Glasses* (Operação de *Picking* de cargas com leitores integrados a óculos de segurança).

Além de trazer um novo universo de possibilidades, a Internet das coisas também pode gerar benefícios que incrementam os processos da cadeia de abastecimento existentes, que abrangem a utilização de ativos, otimização de espaço de armazém ou planejamento da produção.

## 4 METODOLOGIA

A presente pesquisa tem finalidade exploratória, com natureza qualitativa a ser realizada por meio de uma pesquisa-ação na empresa “XYZ”. De acordo com Martins et al. (2014), a pesquisa de levantamento exploratória tem por finalidade a ambientação a respeito de um tópico, servindo de base para um levantamento mais profundo. A natureza qualitativa permite alvos em situações complexas ou particulares. De acordo com Klein (2015, p. 31) “Os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem, por exemplo, descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certos elementos, compreender e classificar processos dinâmicos”.

Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação é definida como “uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática”. Ou seja, a pesquisa-ação exige ação nas áreas de pesquisa e na área prática, mudando a forma de como uma determinada situação é vivida e percebida.

De acordo com João Bosco Pinto (1989 apud BALDISSERA, 2001, p. 10), este tipo de metodologia de pesquisa “inclui um momento de investigação, um de tematização e por último, o de programação/ação”. Dessa forma, para que sejam atingidos os objetivos previamente definidos, o projeto passará por esses três momentos definidos: embasamento teórico a respeito do tema em questão; tematização com a realidade, ou seja, uma avaliação com o que está sendo praticado; por fim, uma ação que será

apresentada como uma correlação entre os novos conceitos da indústria 4.0 e entre os projetos desenvolvidos pela empresa objeto de estudo.

Portanto, desenvolve-se o conhecimento continuamente baseando-se na pesquisa e no pré-entendimento implícito do pesquisador, que leva a uma ação com reflexo no desenvolvimento teórico.

De acordo com Thiollent (1997 apud TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2006, p. 14), a pesquisa-ação é definida como:

um tipo de investigação social com base empírica, que consiste essencialmente em relacionar pesquisa e ação em um processo no qual os atores e pesquisadores se envolvem, participando de modo cooperativo na elucidação da realidade em que estão inseridos.

Somente o fato de propor ideias e tomar decisões já é uma ação. De acordo com Duarte e Gugelmin (2013), o bom funcionamento dessa metodologia não depende somente do nível de conhecimento, “depende também, do grau de comprometimento dos chamados atores, aqueles que propiciam as ações traçadas para tomarem proporções realísticas”.

Percebe-se que essa metodologia de pesquisa reduz a distância entre a teoria, entre a pesquisa e a prática nas corporações, pois coloca, literalmente, o pesquisador no objeto de estudo, enquanto as pesquisas investigatórias o pesquisador-ator é inexistente.

Os dados primários serão coletados por meio da observação dos participantes e os dados secundários por meio da consulta de documentos e das referências bibliográficas.

Como já citado previamente neste projeto de pesquisa, um sistema de produção efetivo é fundamental para a sobrevivência das empresas no cenário globalizado atual. Neste caso, o foco será dado no departamento logístico do sistema produtivo efetivamente, ou seja, nos processos e atividades que interligam toda a cadeia de valor do objeto de estudo.

#### 4.1 UNIDADE DE ESTUDO

O objeto do presente estudo será a empresa XYZ, uma multinacional situada na Cidade Industrial de Curitiba que completou, no ano de 2014, 60 anos no Brasil. Com o faturamento líquido de aproximado de R\$ 4,2 bilhões (em 2014), essa companhia oferece produtos e serviços automotivos para montadoras e para o mercado de reposição, ferramentas elétricas, sistemas de segurança, termo tecnologia, máquinas de embalagem e tecnologias industriais.

A empresa XYZ possui um sistema de produção chamado “XYZPS”, ou seja, XYZ *Production System*. Elaborado em 2002 como um reconhecimento da importância de um sistema de produção global, teve seus conceitos evoluídos de abordagens iniciais e conexão de elementos, para uma forma de pensar no funcionamento interligado de todos os setores da organização. O “XYZPS” é considerado uma tarefa de gestão de todos os níveis, de modo que o sucesso só será alcançado se a empresa pensar e agir de forma holística.

Em 1999, após uma consulta com clientes, a empresa recebeu um *feedback* negativo em relação a sua *performance*: processos lentos, dificuldade de fluxo de informação interna e resolução de problemas, produtos com problemas de qualidade etc. A diretoria então elaborou um programa chamado **BeQick** a fim de acelerar e melhorar processos internos. Em 2001, durante esse projeto, a alta diretoria direcionou um grupo de pessoas para elaborar um sistema de produção avançado, baseado nas tendências globais. O “XYZPS” foi o primeiro subsistema da empresa que foi seguido dos sistemas de produção e engenharia, marketing, recursos humanos etc.

Entre 2002 e 2006 os principais elementos do Sistema de Produção foram concebidos, baseados nos princípios e elementos que norteiam a cultura da empresa, bem como no estudo de outros sistemas de produção, como Toyota, Porsche, Daimler, Valeo etc. Adicionalmente ao grupo principal de gestão do sistema, foram criados outros em cada divisão e plantas da empresa. Com o passar do tempo, diversas ferramentas foram desenvolvidas, como uma abordagem sistemática no desenho de baixo desperdício na produção e logística.

Desde 2010, dois aspectos se tornaram de suma importância para o sistema de produção: a adaptação das características do “XYZPS” em relação à produção “*make to order*” (produção puxada pelo consumidor) e o desenvolvimento de *interfaces* com outras unidades funcionais ao redor do mundo. Essa necessidade de internacionalização de processos forneceu à empresa a oportunidade de aprender conceitos de outros departamentos, plantas e países, aproveitando bons exemplos e criando sinergia entre as plantas e expandindo cada vez mais o “XYZPS”. Programas e ações são então tomados para promover essa internacionalização, como *Jishuken* (reflexão dos membros da administração a fim de identificar áreas que necessitam de melhoria contínua e propagação da informação por meio da organização para estimular a atividade *kaizen*) entre plantas, *benchmark tours*, treinamento avançado do sistema ao redor do mundo etc.

Por fim, em 2014, a empresa introduziu conceitos da Internet das coisas na forma de indústria 4.0 em diversos elementos dos sistemas de produção. Novamente, o objetivo foi criar o *networking* entre toda a companhia e em todas as funções da cadeia de valor, desde o fornecedor até o consumidor, com trocas de informações em tempo real.

## 4.2 PERCURSO METODOLÓGICO

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica sobre os principais temas do presente projeto: Sistemas de Produção, Indústria 4.0 e Logística 4.0. Essa pesquisa envolveu materiais e documentos do governo alemão e do parlamento europeu, por não ter sido possível encontrar material nacional a respeito do assunto.

Em um segundo momento foram coletados dados da empresa XYZ a respeito de projetos envolvidos no tema da Indústria 4.0. Em posse desses dados, foi possível elaborar um quadro definindo os principais benefícios de cada projeto.

Por fim, após uma análise de mais de dez projetos do objeto de estudo, foi possível relacionar conceitos da Indústria 4.0 com os projetos aplicados, identificando de que forma essa nova proposta de Revolução Industrial pode contribuir e quais são os conceitos mais abordados pela empresa estudada.

## 4.3. RESULTADOS DA PESQUISA

Para que seja possível atingir o objetivo da presente pesquisa, após o levantamento de dados na empresa em questão, foi possível identificar 11 projetos focados em logística que foram criados com o objetivo de otimizar alguns processos e melhorar a produtividade baseados no conceito de Logística 4.0. Dessa forma, no QUADRO 1 é possível identificar o que a empresa considera que o projeto trará de benefícios e qual a situação futura pretendida após a implementação do projeto.



Projeto	Situação Atual	Situação proposta	Benefícios
Sensor em caixas de transporte para monitoramento de peças	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sem informação disponível de posições na entrega e condições de transporte das mercadorias;</li> <li>Grande esforço de monitoramento e inspeção de qualidade do transporte em trânsito e no armazém;</li> <li>Custos elevados em casos de danos, como seguro, inspeção de qualidade etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rastreamento do início ao fim dos parâmetros da qualidade física da peça durante o transporte;</li> <li>Armazenamento de todos os parâmetros nas nuvens para análises.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de alerta por meio de monitoramento em tempo real e maior transparência;</li> <li>Redução de estoque de segurança;</li> <li>Aumento de produtividade;</li> <li>Menor custo por defeitos.</li> </ul>
Leitor por rádio frequência RFID	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso do processo de reposição manual ou <i>scanner</i> de suporte para números de peças adquiridos de fornecedores externos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RFID baseado no SAP pelo processo de <i>kanban</i>;</li> <li>Dados automatizados pelos eventos de RFID (especialmente entrada de mercadorias no centro de recebimento);</li> <li>Redução total de tempo de cobertura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de produtividade direta;</li> <li>Redução de estoque.</li> </ul>
Mercado inteligente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de TI sem “transparência”;</li> <li>Alto esforço de processo manual;</li> <li>Risco de material errado nas pistas de <i>flowrack</i>;</li> <li>Risco de paralisação de linha por falta de “transparência” de dados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reposição automática;</li> <li>HMI com informação do <i>status</i></li> <li>Integração de etiqueta visual e <i>hardware</i>;</li> <li><i>Pick by light, put by light</i>;</li> <li>Integração no sistema 14.0.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de produtividade da máquina;</li> <li>Melhoria da transparência e taxa de falha no processo;</li> <li>Melhoria no tempo total de cobertura.</li> </ul>

Projeto	Situação Atual	Situação proposta	Benefícios
Rotas dinâmicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotas fixas de <i>milkrun</i> e empilhadeiras nas plantas;</li> <li>• Alto custo interno de logística devido à soluções não flexíveis de rota interna de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte interno flexível baseado em informação em tempo real;</li> <li>• Uso de sinais de pedido de materiais padronizados provenientes de várias fontes;</li> <li>• Regra dinâmica adaptada baseada em estratégias de transporte otimizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução de 20% de <i>milkruns</i>;</li> <li>• Aumento de 30% na produtividade (porcentagem estimada na fábrica XYZ, filial de Hamburg, na Alemanha).</li> </ul>
Etiquetas visuais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nenhuma solução para visualizar dados sensíveis ao contexto sem adequação à dispositivos móveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usando baixa potência “<i>Visual Tag</i>” no chão de fábrica, é possível visualizar informações sensíveis ao contexto para os usuários;</li> <li>• Agregação e visualização de caixas carregadas no <i>milkrun</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rastreamento e localização do fluxo de material;</li> <li>• Redução de papel impresso;</li> <li>• <i>Feedback</i> do usuário em tempo real nos processos de chão de fábrica.</li> </ul>
<i>Smart glasses</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo de <i>picking</i> por sistemas e dispositivos convencionais;</li> <li>• Nenhuma solução eficiente e ergonômica para executar simultaneamente o processo de <i>picking</i> e digitalização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar papéis e <i>Scanners</i> manuais em operações de armazém;</li> <li>• Digitalizar produtos e localização com <i>Smart Glasses</i> totalmente integrado ao processo de TI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a produtividade juntamente com redução de erros de <i>picking</i>.</li> </ul>

Projeto	Situação Atual	Situação proposta	Benefícios
Integração de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Várias soluções padronizadas para integrar <i>MES Systems</i> (Sistemas computadorizados usados na integração da produção) na cadeia de valor;</li> <li>Integração baixa do RFID no <i>MES Process</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Soluções padronizadas para integração vertical e horizontal dos processos físicos da logística no sistema ERP (Planejamento empresarial de recursos);</li> <li>Aumento de eficiência nos processos na integração da tecnologia RFID (método de identificação automática através de sinais de rádio).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento na produtividade devido à redução do trabalho manual;</li> <li>Redução de nível de inventário nas áreas produtivas devido ao tempo real de processamento de dados.</li> </ul>
De-Para	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não existe transferência em tempo real sobre transportes externos;</li> <li>Esforço alto na mensuração de indicadores;</li> <li>Não existe integração das informações no sistema da empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta <i>performance</i> no monitoramento do transporte, feito em tempo real;</li> <li>Visibilidade em tempo real do transporte;</li> <li>Solução para rastreamento, administração da <i>performance</i> de logística e controle de riscos na cadeia de suprimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento da transparência nos transportes;</li> <li>Melhoria no planejamento da produção e no relacionamento com clientes</li> </ul>

Projeto	Situação Atual	Situação proposta	Benefícios
Milkrun robotizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto custo de transporte interno: <i>pallets</i>, KLIs (caixas de transporte de materiais) dentro das plantas são transportados por seres humanos</li> <li>Entregas parcialmente críticas: baixa chance de reagir para casos urgentes de abastecimento;</li> <li>Nem sempre o melhor número de produtos por <i>kanban</i>: devido às questões ergonômicas, a quantidade de produtos por <i>kanban</i> nem sempre é a ideal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transporte autônomo de todos os equipamentos dentro das plantas;</li> <li>Demanda guiada pela quantidade de material entregue;</li> <li>Nível de segurança ergonômica alto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de produtividade;</li> <li>Tempo de reabastecimento personalizado</li> <li>redução de estoques e espaço ocupado por materiais;</li> <li>Aumento de transparência de processo.</li> </ul>
Mudança de dados com fornecedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dados específicos de produtos trocados com fornecedores via documentos em papel;</li> <li>Códigos de barras <i>scaneados</i> manualmente e transferidos para o Sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transferência eletrônica dos dados específicos de produtos entre a empresa XYZ e fornecedor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de transparência das informações;</li> <li>Redução de esforços em <i>scanear</i> dados e aumento de produtividade.</li> </ul>
Plataforma de cadeia de suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixo nível de integração;</li> <li>Aplicação de melhorias sem a utilização de modelos padronizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rápido desenvolvimento, fácil integração e ajuste flexível de diferentes processos logísticos;</li> <li>Integração similar de informações heterogêneas de fontes diversas;</li> <li>Apresentação virtual dos objetos em um modelo de informações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Crucial para a previsão de novos negócios;</li> <li>Base de dados consistente para a visibilidade de toda a cadeia de valor;</li> <li>Redução de custos para desenvolvimento de novos aplicativos de negócios.</li> </ul>

FONTE: Os autores (2016)

Observando todos os projetos, é possível identificar que praticamente todos os projetos trazem benefícios de redução de tempo, custo e aumento de produtividade e melhoria de processo. Um dos grandes fatores que oneram os custos industriais são as perdas não previstas. Os projetos citados preveem o uso da tecnologia, a fim de se otimizar os processos e evitar perdas não programadas. Além da redução dos custos, existe um ganho de flexibilidade e de velocidade na reação frente às mudanças do mercado.

Avaliando a tabela dos projetos com os conceitos apresentados de Logística 4.0 e integração de Sistemas *cyber*-físicos, é possível se atingir o objetivo do presente trabalho. Ao avaliar todos os projetos com foco no objeto de estudo, já foi possível ir associando qual conceito está sendo abordado em cada projeto criado. É possível verificar que o principal conceito aplicado é a tecnologia, base fundamental do conceito de Indústria 4.0, seguido de flexibilidade, qualidade e integração da cadeia de valor.

No QUADRO 2 é apresentado um comparativo entre os conceitos da Indústria 4.0 com os projetos citados anteriormente.

QUADRO 2 – Relação conceitos e projetos 1

Projetos / Conceitos	Flexibilidade	Customização em massa	Velocidade	Qualidade	Produtividade	Network vertical dos sistemas	Integração da cadeia de valor	Tecnologia
Sensor em caixas de transporte para monitoramento de peças	X		X	X	X		X	X
Leitor por rádio frequência RFID	X		X	X		X	X	X
Mercado inteligente		X		X	X		X	X
Rotas dinâmicas	X			X	X	X	X	X
Etiquetas visuais	X		X	X	X		X	X
<i>Smart glasses</i>				X			X	X
Integração de Máquinas	X		X	X	X	X		X
De-Para	X		X	X	X		X	X
<i>Milkrun</i> robotizado	X			X	X	X		X
Mudança de dados com fornecedor	X		X	X	X	X	X	X
Plataforma de cadeia de suprimentos	X		X	X	X	X	X	X

FONTE: Os autores (2016)

A cadeia de valor hoje é responsável em muitas indústrias pela velocidade e pela garantia da produtividade. Isto porque, independentemente de qual sistema de produção a empresa utiliza, existirá uma dependência para com o fornecedor no que tange à entrega no tempo previsto e com a qualidade acordada, de modo que sua produção acaba sendo balizada por esse tempo de entrega. Sistemas como *just-in-sequence* ou *just-in-time* preveem uma relação extremamente íntima com o fornecedor, em que o sequenciamento da produção depende da velocidade e do sequenciamento de produção do fornecedor. Esta relação é extremamente delicada e quanto maior for a criação de ferramentas de controle e acompanhamento dos processos, maior a chance de conseguir efetividade na relação de interdependência. Todos os projetos citados se referem ao maior controle e acompanhamento de tudo o que acontece na cadeia de valor, diminuindo o risco das perdas e de existirem atividades que não agreguem valor.

Quando se aborda sobre cadeia de valor é importante também analisar o papel do cliente. O aumento de flexibilidade e o controle da produção são características presentes em todos os projetos da empresa em questão. Com esse aumento, aliado à velocidade, a indústria terá condições de atender ao mercado com a ampliação do *mix* de produtos e com uma facilidade maior de flexibilidade no processo, ou seja, a produção poderá variar várias vezes durante um período de tempo sem que o processo seja onerado com perdas e com o tempo ocioso devido aos *setups*. Processos mais limpos, mais rápidos, mais flexíveis, com menos perdas só podem resultar em uma única vantagem ao consumidor: produto certo, na hora certa, com custo reduzido.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior impacto a ser causado por esse conceito chamado **Indústria 4.0** será uma mudança que afetará o mercado como um todo: a criação de novos modelos de negócios. Uma verdadeira revolução está ocorrendo no mundo da produção. Em um mercado cada vez mais exigente, as empresas, em sua maioria, procuram integrar ao produto necessidades e preferências específicas de cada cliente. A customização prévia do produto por parte dos consumidores tende a ser uma variável a mais no processo de manufatura, mas as fábricas inteligentes serão capazes de levar a personalização de cada cliente em consideração, se adaptando às preferências por meio da internet. E vale destacar, sem perder competitividade e qualidade.

Além da adaptação das fábricas a esses novos conceitos, os profissionais também precisarão se adaptar, pois com esse universo ainda mais automatizado, novas demandas surgirão, enquanto algumas deixarão de existir. Os trabalhos manuais e repetitivos já vêm sendo substituídos por mão de obra automatizada, e com a Indústria 4.0 isso tende a continuar. Por outro lado, as demandas em pesquisa e desenvolvimento oferecerão oportunidades para profissionais tecnicamente capacitados, com formação multidisciplinar para compreender e trabalhar com a variedade de tecnologia que compõe uma fábrica inteligente.

A agilidade de informação com dados instantâneos contribuirá não só para a facilidade dos relatórios, como também para o planejamento da interação fornecedor-consumidor. Um fator-chave que se pode concluir após a análise de conceitos e projetos é que não haverá mais um controle centralizado. Isso significa que, nesse tipo de processo produtivo, a comunicação ocorre em cada etapa, identificando e demandando exatamente o que é necessário para a montagem do produto, ou seja, torna mais fácil a flexibilização da produção atendendo à grande promessa de flexibilização em massa.

Porém, atingir esse nível de produção para o futuro não será nada fácil. Existem inúmeros desafios aos envolvidos nessa revolução industrial. Grandes investimentos financeiros serão necessários para que se consiga atingir os níveis de integração mencionados, sejam eles em maquinário, seja em *softwares*. Além disso, muita informação será gerada durante a produção, e precisam ser armazenadas. É imprescindível que a empresa consiga disponibilizar a informação necessária para quem realmente precisa e guardar todos os dados para futuras consultas, além, é claro, da segurança da informação. Outro desafio é a padronização. A indústria inteligente exigirá a integração *on-line* de fornecedores, máquinas e clientes. Se as informações e a comunicação não forem padronizadas, pode existir uma falha de interpretação, o que comprometerá todo o processo de produção. E, por último, vale destacar as habilidades da mão de obra. A princípio, o trabalho manual será substituído pela programação e monitoramento de máquinas, um trabalho mais analítico e exigente. Essa mão de obra precisa ser treinada e desenvolvida para os novos padrões.

Por fim, o que se pode esperar dessa Nova Revolução Industrial é uma grande oportunidade para empresas que desejam preservar a sustentabilidade da indústria, desenvolver funcionários qualificados e se adaptar à nova tendência da flexibilização em escala. Isso permitirá que empresas nacionais possam competir globalmente por mercados antes não explorados, pois terão eficiência em custo e terão maior velocidade para atender ao mercado. Resta saber quem está preparado.

## REFERÊNCIAS

- AKINLAR, S. **Logistics 4.0 and challenges for the supply chain planning and it**. Istanbul, Sept., 2014. Disponível em: <[http://www.iis.fraunhofer.de/content/dam/iis/tr/Session%203\\_5\\_Logistics\\_Fraunhofer%20IML\\_Akinlar.pdf](http://www.iis.fraunhofer.de/content/dam/iis/tr/Session%203_5_Logistics_Fraunhofer%20IML_Akinlar.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2016.
- AYRES, A. de P. S. **Gestão de logística e operações**. Curitiba: IESDE, 2009.
- BALDISSERA, A. Pesquisa-ação: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo. **Sociedade em Debate**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 5-25, ago. 2001.
- BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BHARADWAJ, A. et al. Digital businessstrategy: toward a next generation of insights. **MIS Quarterly**, v. 37, n. 2, p. 471-482, 2013.
- BLANCHET, M. **Industry 4.0: the new industrial revolution**. How Europe will succeed. Munique: Roland Berger Strategy Consultants GmbH, 2014. Disponível em: <[https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_tab\\_industry\\_4\\_0\\_20140403.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_industry_4_0_20140403.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2016.
- CAPUTO, V. Como a indústria 4.0 mudará a sociedade e o consumo. **Exame**, São Paulo, 30 set. 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/industria-4-0-tera-consumo-e-producao-conscientes>>. Acesso em: 3 mar. 2016.
- DAVIS, R. **Industry 4.0: digitalisation for productivity and growth**. Briefing from EPRS. European Parliamentary Research Service, 2015. Disponível em: <[http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS\\_BRI\(2015\)568337](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2015)568337)>. Acesso em: 23 ago. 2016.
- DELOITTE AG. **Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**, 2014. Disponível em: <<http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2016.
- DENNIS, P. **Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- DUARTE, P. V.; GUGELMIN, R. C. **Estudo sobre o nível de serviço logístico visando a melhoria de um indicador de acompanhamento**. 2013. 76f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – FAE Centro Universitário, Curitiba, 2013.
- HÄNEL, T.; FELDEN, C. Operational business intelligence im zukunftszenario der industrie 4.0. In: CHAMONI, P.; GLUCHOWSKI, P. (Ed.). **Analytische Informationssysteme**. Berlin: Springer-Verlag. 2016.
- HOMPEL, M.; KERNER, S. Logistik 4.0: die Vision vom Internet der autonomen Dinge. **Informatik-Spektrum**, v. 38, n. 3, p.176-182, 2015.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Frankfurt; Main: National Academy of Science and Engineering, 2013. Disponível em: <[http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2016.



KLEIN, A. Z. **Metodologia de pesquisa em administração**: uma abordagem prática. São Paulo: Atlas, 2015.

LEE, I.; LEE, K. The Internet of things (IoT): applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, Blomington, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

MACDOUGALL, W. et al. **Indústria 4.0**: smart manufacturing for the future. Berlim: Germany Trade & Invest, 2014. Disponível em: <[http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/\\_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf](http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2016.

MARTINS, R. A. et al. **Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção**. São Paulo: Atlas, 2014.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management)**: conceitos, estratégias e casos. São Paulo: Atlas, 2004.

RIBEIRO, P. M. de F. **Aplicação da Metodologia A3 como instrumento de melhoria contínua em uma empresa da indústria de linha branca**. 2012. 86f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SHANKAR, U. et al. How the internet of things impacts supply chain. **Inbound logistics**. 2015. Disponível em: <<http://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-internet-of-things-impacts-supply-chains>>. Acesso em: 3 mar. 2016.

SIQUEIRA, J. P. L. de. **Gestão de produção e operações**. Curitiba: IESDE, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SMITH, M. et al. **Learn how Internet of Things (IoT) is affecting the supply chain**. 2015.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2006.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. **Automação industrial**. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial>>. Acesso em: 3 mar. 2016.

