

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

FERNANDA RUDECK TASSI

A INFLUÊNCIA DO IOT NA INDÚSTRIA: RUMO AO 4.0

CURITIBA

2017

FERNANDA RUDECK TASSI

A INFLUÊNCIA DO IOT NA INDÚSTRIA: RUMO À INDÚSTRIA 4.0

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel (a), Curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Walter Tadahiro Shima

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

FERNANDA RUDECK TASSI

A INFLUÊNCIA DO IOT NA INDÚSTRIA: RUMO À INDÚSTRIA 4.0

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel (a), Curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Walter Tadahiro Shima
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

Wladimir Freitas da Fonseca
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

José Guilherme Silva Vieira
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

Aprovado em: Curitiba, ____ de _____ de _____.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão, que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer primeiramente a Deus, a maior força que me guia e que iluminou o meu caminho durante esta jornada. Obrigada por me dar esta vida plena e cheia de alegrias. Obrigada pelas bênçãos que já recebi e que irei receber.

Agradeço aos meus pais, Ricardo Tassi e Maristela Rudeck Tassi, que sempre me mostraram o caminho certo, sempre acreditaram muito no meu potencial e me proporcionaram todas as ferramentas de estudo e ensinamento de vida para que eu possa concluir essa caminhada. Mais do que a educação formal que vocês me ofereceram e que sempre se esforçaram para que fosse a melhor, a formação humana foi o que de mais importante vocês fizeram por mim. Vocês se sacrificaram, se dedicaram, abdicaram de tempo e de muitos projetos pessoais para que eu tivesse a oportunidade de estudar e de ter uma boa formação profissional, mas também pessoal. Eu devo tudo que sou a vocês, e se sinto orgulho de mim e do lugar onde cheguei, é porque sei que vocês vieram segurando a minha mão. Ao meu irmão mais novo, Ricardo Tassi Filho, meu “companheirinho”, eu poderia te dizer muitas coisas, mas acho que palavras não são suficientes para expressar o tamanho da minha admiração por você. Acredito bastante no seu sucesso e sei que você vai longe. Da mesma forma que você ficou ao meu lado todos esses anos, saiba que eu sempre estarei aqui para te aplaudir.

Agradeço ao meu professor Walter Tadahiro Shima por toda orientação e ajuda que me foram dados. Obrigada pela paciência, dedicação e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho. Ao professor Wladimir Freitas Fonseca que, de forma significativa, contribuiu muito tanto para minha formação pessoal quando profissional nestes anos de graduação.

Obrigada Gabriel Oliveira, Adrianno Sereno e Klaiton Bee, que contribuíram muito para a realização deste trabalho. Sem vocês, não seria possível finalizar.

Ao meu colega de trabalho, Carlos Hasegawa, que neste ano de 2017 representou um papel importantíssimo na minha carreira. Obrigada pelos livros, conselhos e feedbacks.

À minha melhor amiga, Camila Fernanda Volpato, obrigada por 11 anos de conversas, risadas, pelos conselhos “infalíveis” e por sempre estar ao meu lado, principalmente nos momentos difíceis. Poucas são as pessoas quem têm e sabem ser amigas como você. Obrigada por me entender, justamente quando nem eu me

entendo. Obrigada por me ajudar quando eu precisei. A amizade é algo de muito valor, é algo raro. Ter uma amiga como você é como ter uma irmã. Eu sei que você é alguém que nunca irá me abandonar na vida, que estará sempre ao meu lado. Obrigada por existir.

Aos cinco presentes que 2017 me trouxe, Maria Vitória de Siqueira Wuicik, Gabriela Campanelli, Flavia Mitsuhasi, Laís Capriotti e Ana Paula Geisler. Obrigada por passar vergonha e rir muito, por conhecer meu lado mais ridículo e divertir-se junto comigo. É um privilégio quando temos ao nosso lado pessoas tão maravilhosas como vocês. Nunca terei como agradecer o apoio que vocês me ofereceram em um momento em que eu tanto precisei.

Às amigas do trabalho e que se tornaram melhores amigas da vida, Nathalia Ferreira Martins, Maria Florencia Bossio e Isabela Aparecida Bastos Molina. Obrigada, por todos as dificuldades superadas em conjunto, por todo o apoio de vocês que nunca me faltou. Há amigos que nos ensinam muito, nos fazem enxergar situações que às vezes não percebemos o seu real sentido. São eles também que nos dizem coisas que não queremos ouvir, aceitar ou compreender, são eles que são capazes nos fazer enxergar nossos defeitos e, assim, faz com que nos tornemos uma pessoa melhor.

À todas as pessoas que passaram pela minha vida e, por algum motivo, não estão mais presentes nela. Algumas pessoas, fazem a diferença quando cruzam nossos caminhos, algumas pessoas dão um sentido especial, nos ensinam algo novo. Àquelas que me deram amor, que sorriram para mim quando eu precisava e que me ajudaram em tempos difíceis.

Agradeço aos obstáculos que enfrentei, pois tudo é evolução e aprendizado. Os problemas servem de ensinamento e as coisas boas para nos mostrar que a vida vale a pena sempre. Tenho gratidão a vida e aos momentos que estou vivendo, sou grata a mim mesma, por me permitir mudar, crescer e arriscar. Eu caí, levantei. Chorei, sorri. Amei, esqueci. Errei, aprendi. Ganhei, perdi. Fui feliz, sofri. Mas, o que não se pode dizer é que não vivi. Vivi, e ainda vivo. Com uma intensidade que por vezes me dói, mas, por outras, a maior parte delas, me faz a pessoa mais feliz do mundo. A evolução é constante e se inicia dentro de nós. Desejo ao mundo e às pessoas iluminação, paz, amor e sabedoria. Que o amor e paz sejam a linguagem universal que esse mundo tanto precisa.

“Deixe nas mãos de Deus – *let go and let God*”

RESUMO

A partir do século XX a indústria como um todo passou por grandes transformações, porém as pioneiras que se destacam em todos os processos pioneiros e de inovação é a indústria automobilística. Ford, Taylor, Toyota e muitos outros autores inovaram a forma com que os automóveis eram feitos visando uma produção mais rápida, de maior qualidade e conseqüentemente maiores retornos financeiros para a empresa. Todas essas novas formas de produção, interação e procedimentos refletiram numa nova postura do cliente e da indústria perante seu método de desenvolvimento. A indústria passou a investir cada vez mais em novas tecnologias buscando a redução do custo de produção, simplificação de processos e aumento na qualidade do veículo, que resulta na satisfação do cliente. Dessa forma uma nova indústria está se formando, e é chamada da Indústria 4.0. Com o desenvolvimento da Internet das coisas (IoT), essa tecnologia conta com BigData e outras ferramentas para introduzir inovação ao setor que impacta desde o chão de fábrica até o resultado do produto final. O desenvolvimento da indústria até alcançar o patamar 4.0 requer alterações iniciais de automatização e automação de tarefas simples e aos poucos de tarefas cada vez mais complexas. Mesmo com o medo da substituição da mão de obra, vê-se a criação de inúmeros novos postos e oportunidades de emprego voltados à essas tecnologias. Inteligência artificial, grandes bancos de dados, conectividade e comunicação das áreas são aliados intrínsecos aos desenvolvimentos do IOT e de uma indústria de ponta. Com isso o trabalho apresenta as inovações ligadas ao automóvel futuro que apresentará uma direção inteligente com interação com seu ambiente e seu usuário. Essa interação ocorrerá através de aplicativos, sistemas internos do veículo entre outros. Nessa busca, é apresentada indústrias já inovando seus produtos para não perder mercado e se adaptar aos itens que definem a indústria como 4.0: gerenciamento por software, monetização do desempenho garantido, IoT e fluxo bidirecional das informações. Para comprovar isso, são decorridos alguns exemplos reais do uso dessas tecnologias dentro da indústria atual, a fim de mostrar e estimular o uso cada vez mais intenso e massivo dessas tecnologias para estar à frente do mercado ou não se deixar obsolecer pelo desenvolvimento de suas concorrentes pois o principal resultado dessas inovações são o conforto e benefícios ao cliente usuário dos produtos.

Palavras chave: Revolução Industrial, Indústria 4.0, Internet das coisas, indústria automobilística.

ABSTRACT

From the 20th the industry went through great transformations, but the pioneers that stand out to be the first movers on the processes and innovation was the automobile industry. Ford, Taylor, Toyota and many other great personalities innovated the way automobiles were designed for faster production, higher quality and consequently greater financial returns for the company. All these new forms of production, interaction and procedures reflected a new posture of the client and the industry before its method of development. The industry is investing more and more in new technologies seeking to reduce production costs, simplify processes and increase vehicle quality, which results in customer satisfaction. In this way a new industry is forming, and is called Industria 4.0. With the development of the Internet of Things (IoT), this technology relies on BigData and other tools to introduce innovation to the industry that impacts from the factory floor to the end product result. The development of the industry until reaching the 4.0 level requires initial changes of automation of simple tasks and gradually more and more complex tasks. Even with the fear of replacing the workforce, we can see the creation of innumerable new jobs and employment opportunities aimed at these technologies. Artificial intelligence, large databases, connectivity and area communication are all intricate allies to the development of IOT and a leading industry. With this, this essay presents the innovations related to the future automobile that will present intelligent direction with interaction with its environment and its users. This interaction will occur through applications, internal vehicle systems, and more. In this search, it is presented industries already innovating their products not to lose market and to adapt to the items that define the industry as 4.0: software management, guaranteed performance monetization, IoT and bidirectional information flow. To prove this, some real examples of the use of these technologies within the current industry is shown in order to stimulate the increasingly intense and massive use of these technologies to be at the forefront of the market or not to be obscured by the development of its competitors because the main result of these innovations are the comfort and benefits to the customer user of the products.

Keywords: Industrial Revolution, Industry 4.0, Internet of Things, Automobile Industry.

SUMÁRIO

TERMO DE APROVAÇÃO	3
AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	8
ABSTRACT	9
SUMÁRIO	10
INTRODUÇÃO	11
1 SURGIMENTO E DEFINIÇÃO DA INDUSTRIA	14
2 INDÚSTRIA 4.0 E PANORAMA DE IOT/BIG DATA	22
3 AS APLICAÇÕES DE IOT/BIG DATA E COMO ELA RUMA EM DIREÇÃO A INDÚSTRIA 4.0	28
3.1 ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM).....	29
3.2 MONETIZAR O DESEMPENHO GARANTIDO	30
3.3 SOLUÇÕES CUSTOMIZADAS DE IOT.....	30
3.4 AVANÇOS NA AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA.....	30
3.5 O USO DE IOT E BIG DATA COM MANUTENÇÃO PREVENTIVA	31
3.6 USO DE IOT E BIG DATA COM AGV MONITORING	33
4 CONCLUSÃO	37
5 REFERÊNCIAS E DOCUMENTOS CONSULTADOS	39

INTRODUÇÃO

A indústria automobilística passou por evoluções e rupturas de paradigmas tecnológicos. No início do século XX, a produção em massa liderada pela Ford Corporation foi seguida por todos. Posteriormente, em um cenário pós-Segunda Guerra Mundial, a indústria ajustou-se à diminuição da demanda, e maiores exigências de clientes para produtos de melhor qualidade, produzidos mais rapidamente e entregues em um período mais curto. Essas características formam o pilar do Toyota Production System, também conhecido como fabricação enxuta. Nos tempos de hoje, as transformações no mundo digital têm alterado o comportamento das pessoas e o modo como estas interagem com produtos e entre si. A demanda por produtos e serviços conectados cresce a cada dia, assim como o potencial econômico dessa rede de conexões que se forma, propiciando um ambiente dinâmico de atuação nas mais diversas indústrias, setores e mercados.

Desde o lançamento do primeiro automóvel, os fabricantes têm trabalhado constantemente pelo aprimoramento dos veículos motorizados e pelos processos que são utilizados para produzi-los. A demanda por volume, velocidade e custo também vem forçando os fabricantes a otimizarem seu processo de produção. Hoje, empregamos robótica, sistemas de produção otimizada e montagem celular, além das “novas” tecnologias que estão em evidência no mercado: *internet of things (IoT)*, *big data*, impressão 3D, realidade aumentada e robótica avançada.

Os elementos-chave da indústria automotiva atual envolvem muito mais do que porcas e parafusos. Hoje, os eletrônicos estão fortemente integrados às peças que compõem os sistemas de motor, transmissão, chassi e freios de um veículo. As inovações se firmam nas diversas maneiras que as capacidades de alta tecnologia podem ser integradas às peças tradicionais e aos processos de produção. Isso é fundamental para melhorar não só os componentes e sistemas automotivos, mas também para agilizar as etapas envolvidas na sua fabricação. A transformação da mentalidade de produção com foco no produto físico em uma visão mais ampla de todo o sistema automotivo tem sido essencial para aproveitar as oportunidades de inovação.

Com base no método proposto pelo U.S. Bureau of Census (BOC)¹ para definir as indústrias high-tech, “o automóvel pode ser descrito como uma plataforma hospedeira de tecnologias de ponta e a indústria automobilística como uma produtora destas tecnologias” (MCALINDEN et al., 2000, p. 20). De fato, a indústria automobilística utiliza (ou desenvolve internamente) tecnologias de ponta.

Como muitos outros setores, a indústria automobilística está expandindo rapidamente a utilização de sistemas e de componentes eletrônicos e de outras tecnologias disponíveis no mercado. Praticamente todas as funções dos automóveis de alto e também de baixo custo tem utilizado dessas tecnologias. O principal objetivo dos fabricantes é a redução do custo de produção, simplificação de processos e aumento na qualidade do veículo, que resulta em satisfação do cliente final. Ainda, é importante lembrar da vantagem comparativa que cada indústria terá sobre suas concorrentes. A intensificação da concorrência e a maior oportunidade tecnológica disponível no mercado parecem ter dinamizado o comportamento tecnológico da indústria automobilística, fazendo com que nos encontremos na chamada Quarta Revolução Industrial.

O ponto crucial é que, nos dias de hoje, a inovação tecnológica na indústria está “varrendo” o velho e criando novos mercados, novas possibilidades e a indústria está se adaptando muito bem a estes novos conceitos. No caso da automobilística, ela está se adaptando ao novo. A mudança para o elétrico demorará alguns bons anos ainda, mas, enquanto isso, IoT vem mudando muito a indústria automobilística tanto no produto como no processo, o que significa aumento de produtividade. As inovações criam novos mercados, novos produtos e novas matérias-primas.

Infelizmente, hoje, a realidade brasileira ainda está longe dos outros países quando falamos em investimento em IoT. Fica evidente que, se no passado, a falta de investimentos em inovação comprometeu a competitividade no exterior, as indústrias que não se modernizarem acabarão perdendo até mesmo o mercado interno. A tecnologia provê soluções que garantem ganhos significativos de produtividade e eficiência, desde a automação industrial e controle de consumo de insumos, de estoques à comunicação e segurança. Quem não a adotar, estará em

¹ A missão do Census Bureau é servir como a principal fonte de dados de qualidade sobre as pessoas e a economia dos Estados Unidos da América – retirado do site: <https://www.census.gov>

desvantagem competitiva. Os conceitos de IoT e indústria 4.0 vem sendo introduzidos na economia brasileira vagarosamente. Entretanto, temos casos de diversas empresas que vem investindo muito nesses conceitos. Particularmente, veremos casos reais do uso de como IoT e Big Data vem impactando o chão de fábrica em uma indústria automobilística no Brasil.

Na primeira seção deste trabalho, apresenta-se o referencial teórico. Ou seja, como e quando surgiu essa primeira ideia de inovação e tecnologia no mundo. Ainda, o que foi necessário para que essas mudanças acontecessem e como chegou-se até o cenário atual da indústria manufatureira. Na segunda seção, apresenta-se um cenário sobre o que é indústria 4.0 e IoT. Vê-se uma definição completa desses conceitos, quais os seus princípios e as tecnologias necessárias para a utilização e aproveitamento total. Já na terceira e última seção, obtém-se casos reais de uso de IoT em uma indústria automobilística brasileira. De igual forma também tem-se as aspirações futuras desta empresa em relação aos seus novos modelos de carros, mudanças no chão de fábrica e uma maior introdução do uso de IoT em seus carros.

1 SURGIMENTO E DEFINIÇÃO DA INDUSTRIA

A revolução industrial constitui um divisor de águas na história econômica do Ocidente, dados seus impactos sobre o crescimento da produtividade. Desde meados do século XVIII observam-se sucessivas ondas de inovações obtidas por meio da introdução de máquinas e equipamentos, de novas formas de organização da produção e do desenvolvimento de novas fontes de materiais e energia.

Até meados do século XVIII, quando efetivamente se inicia a Primeira Revolução Industrial, a agricultura era a principal atividade econômica em todo o mundo. As mercadorias eram feitas individualmente de forma artesanal e nenhum produto era exatamente igual ao outro. O conceito de fábrica ainda não existia, apesar de algumas corporações desenvolverem trabalho cooperativo, permitindo um processo de aprendizado profissional organizado hierarquicamente do aprendiz ao mestre. Sem a utilização de máquinas e processos organizacionais voltados para a melhoria da produtividade, o aumento da produção dependia de um aumento proporcional dos fatores de produção utilizados. Assim, para dobrar a produção, dobrava-se o número de trabalhadores, a quantidade de insumos e a área das oficinas, replicando as formas de produção preexistentes. Após a 1ª Revolução Industrial, a difusão das inovações é inicialmente lenta e concentrada na indústria têxtil e, em menor medida, na fabricação de ferro e as inovações ocorridas nas etapas iniciais da revolução industrial eram de natureza essencialmente prática, desenvolvidas por mecânicos, ferreiros e carpinteiros engenhosos praticamente sem formação científica.

Um conjunto de fatores de ordem técnica, institucional, social e econômica explica o surgimento da Revolução Industrial na Inglaterra e sua gradativa migração para a Europa continental e a América do Norte. A mudança tecnológica não é um processo automático, pois representa a substituição de métodos já estabelecidos, causando prejuízo ao capital anteriormente investido. É necessário haver uma combinação de fatores que incitem essa mudança e a possibilitem. Nesse sentido, o autor Landes, aponta dois fatores preponderantes:

- 1- “Uma oportunidade de aperfeiçoamento em razão da inadequação das técnicas vigentes ou uma necessidade de aprimoramento criada por aumentos autônomos dos custos dos fatores;

- 2- Uma superioridade de tal ordem que os novos métodos fossem compensatórios para cobrir os custos de mudança”. Somente uma forte combinação de incentivos poderia ter levado os empresários a aceitarem essas mudanças e superarem a resistência dos trabalhadores à mecanização.”

(1969, citado por TIGRE, 2014, p. 18)

As inovações ocorridas na Revolução Industrial podem ser agrupadas em três princípios: a substituição da habilidade e do esforço humano pelas máquinas – rápidas, constantes e incansáveis; a substituição de fontes animadas de energia por fontes inanimadas, em especial a introdução de máquinas para converter o calor em trabalho; e o uso de matérias-primas novas e muito mais abundantes, sobretudo a substituição de substâncias vegetais ou animais por minerais. A aplicação desses princípios permitiu um progressivo aumento autossustentado na produtividade e na renda, motivando um fluxo ininterrupto de investimentos e inovações tecnológicas. O efeito combinado das invenções acabou por ter um impacto radical nos processos produtivos, dando origem à Revolução Industrial. A introdução da maquinaria e da divisão do trabalho na indústria têxtil pode ser destacada como núcleo da chamada “Primeira Revolução Industrial”. (Tigre, 2014).

A ocorrência de ciclos periódicos de crescimento e declínio das atividades produtivas é um fenômeno que pode ser observado desde a Revolução Industrial. Entretanto, as dificuldades de comprovar suas causas e estabelecer uma periodicidade definida são motivos de ceticismo entre os economistas. Historicamente, em períodos de crescimento econômico, os preços das matérias-primas e insumos, cuja oferta é inerentemente inelástica em curto prazo, tendiam a subir rapidamente, enquanto o inverso ocorria em épocas de crise. Schumpeter (1969, citado por TIGRE, 2014) atribuiu a ocorrência desses ciclos ao processo de difusão de grandes inovações na economia mundial. Ele associou os períodos de prosperidade à fase de rápida difusão de inovações-chave no sistema produtivo, a exemplo da máquina a vapor e da eletricidade. O sucesso de empresários inovadores na introdução de novos produtos e processos proporcionaria uma onda de otimismo diante das perspectivas de grandes lucros. Ao reproduzir as inovações bem-sucedidas, empresários imitadores realizariam investimentos produtivos e criariam novos empregos, favorecendo o crescimento econômico.

O *boom*² terminaria dando espaço à depressão que se iniciaria quando o potencial de exploração das novas tecnologias se esgotasse. À medida que as inovações se difundissem e seu consumo se generalizasse, haveria uma tendência de redução das margens de lucro e geração de capacidade ociosa. Conseqüentemente, os empresários diminuiriam a produção, interromperiam investimentos e passariam a reduzir custos e a demitir mão de obra, levando a economia a uma fase de recessão. Para Schumpeter (1969, citado por TIGRE, 2014) a alternância entre recessão e prosperidade não depende apenas do surgimento de inovações, mas também da criação de condições institucionais adequadas para sua difusão. Nesse entremeio, ocorre a chamada “destruição criadora”, em que as velhas estruturas são sucateadas para permitir um novo ciclo de crescimento. Ele considerou que os *clusters*³ irregulares de inovação eram cruciais para o desenvolvimento. O ciclo de prosperidade termina quando desaparecem os lucros monopolistas derivados de inovações e a competição se desloca para os preços. A passagem da depressão para o crescimento ocorre após a conclusão do processo de destruição que acompanha as grandes inovações. A solução fundamental surge quando novos bens de consumo e métodos de produção e transportes aparecem, quando novos mercados e formas de organização da produção são criados.

Para Schumpeter (1939), o progresso econômico não ocorre de maneira simples ou linear, mas sofre também transformações qualitativas. Esse processo, por sua vez, é um fenômeno endógeno ao sistema capitalista, o qual modifica toda a estrutura econômica. Essas mudanças não ocorrem de maneira constante. Se analisarmos historicamente, temos períodos em que são mais evidentes e em outros praticamente inexistentes, porém estão sempre ocorrendo. Assim, são evidenciados os ciclos econômicos, tão comuns no processo de desenvolvimento capitalista. Portanto, em períodos de prosperidade, o empreendedor, ao criar novos produtos, é imitado por uma verdadeira onda de empreendedores não-inovadores, que investem recursos para emular os novos bens criados. Conseqüentemente, uma onda de investimentos de capital ativa a economia, gerando a prosperidade e o aumento do

² **Boom:** Desenvolvimento acelerado de uma atividade econômica

³ **Clusters:** É um grupo de coisas ou de atividades semelhantes que se desenvolvem conjuntamente. Entende-se a idéia de junção, união, agregação, integração.

nível de emprego. À medida que as inovações tecnológicas ou as modificações nos produtos antigos são assimilados pela conjuntura e seu consumo generalizado, a taxa de crescimento da economia diminui (não gera mais ganhos extraordinários, pois não é mais considerado novo, e sim, usual) e assim se inicia o processo recessivo da redução dos investimentos e a baixa da oferta de emprego. A constante mudança entre prosperidade e recessão, isto é, da volatilidade da produção é entendido como um obstáculo periódico e transitório. Trata-se, assim, de todo o processo de mudança estrutural, que resulta em mais e melhores métodos. Dessa forma, são as inovações, geradas descontinuamente no próprio sistema, que produzem mudanças diferentes daquelas alterações do dia-a-dia.

Em termos econômicos, as inovações tecnológicas correspondem à aquisição, introdução e aproveitamento de novas tecnologias na produção e/ou distribuição de quaisquer bens ou serviços para o mercado. Segundo o livro *A Herança Shumpeteriana*:

“ [...] a nova maneira de produzir e/ou distribuir, bem como as novas mercadorias daí resultantes, sempre são um produto do desenvolvimento sequencial ou simultâneo de três processos correlatos, porém distintos: a descoberta ou invenção, a inovação propriamente dita e sua difusão nas atividades econômicas” (SZMRECSÁNYI, 2016, p. 112)

Coube a Shumpeter a primazia da devida caracterização e diferenciação destes três processos e assim seus efeitos na economia capitalista.

Ainda de acordo com Shumpeter (1911, citado por SZMRECSÁNYI, 2016, p. 116), quando uma ou mais inovações aparecem gradativamente, tendem a ocorrer mudanças e pode haver crescimento econômico. Mas, quando se dão de forma muito rápida e descontínua, estamos na presença de um desenvolvimento, que se traduz, de imediato, nas novas combinações que acabam de ser referidas, as quais abrangem as cinco modalidades:

1. “Introdução de um novo produto ou de uma nova qualidade do produto;
2. Introdução de novos métodos de produção e distribuição;
3. Abertura de novos mercados antes inacessíveis;
4. Obtenção de novas fontes de abastecimento/matéria-prima;
5. Estabelecimento de novas formas de organização econômica.”

(SHUMPETER, 1911, citado por SZMRECSÁNYI, 2016, p. 116)

As cinco modalidades acima não tendem a ocorrer entre mercados, pessoas e organizações já existentes e sim, ocorrem nas margens da economia, através da atuação de *outsiders* e da criação de novas empresas, que iniciam a concorrer com empresas já existentes e passam a disputar mercado. Quem “comanda” essa mudança dentro das novas empresas criadas, segundo Shumpeter (1969), é o empresário. Estes, são responsáveis por difundir a inovação e passam, com o tempo, a dar origem e sustentação ao desenvolvimento econômico capitalista. Ainda, para o autor, a condição de ser um empresário é sempre estar inovando, ou seja, introduzindo e consolidando novos produtos, novos métodos de produzir e posteriormente comercializar. Segundo ele, os empresários são detentores de uma posição de liderança no capitalismo em decorrência de suas inovações, de um lado porque abrem novos caminhos, nunca antes percorridos, e de outro, porque acabam atraindo inúmeros imitadores, a ponto da concorrência destes ir reduzindo a até fazer desaparecer os lucros provindos de suas inovações. (SZMRECSÁNYI, 2016, p. 117)

A inovação pode ser claramente percebida como um fator de mudança interno ao processo produtivo. É interno porque traz mudanças na vida econômica das sociedades capitalistas: leva a uma nova e diferente utilização dos fatores de produção nela disponíveis, ou seja, novo comportamento dos agentes econômicos. Portanto, as inovações constituem eventos decisivos na história econômica do sistema capitalista.

Segundo Shumpeter (1961, p. 106), “são as ondas perenes de destruição criativa”. Também de acordo com o autor, destruição criativa é:

“[...] processo de mutação industrial (...) que revoluciona incessantemente a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos. Este processo de destruição criadora é básico para se entender o capitalismo. É dele que se constitui o capitalismo e a ele deve se adaptar toda a empresa capitalista para sobreviver.”
(SHUMPETER, 1961, p. 106)

Anteriormente, o caráter cíclico do capitalismo era explicado pelos economistas das mais diversas formas. Então, nesse sentido, a grande contribuição

de Schumpeter foi delimitar a relação existente entre o nível de investimento explicado pelo movimento inovador, e que tão logo é transformado em produtos e posteriormente em prosperidade, empregos e renda.

Mudanças que geram desenvolvimento acontecem no lado da oferta, ou seja, é a esfera produtiva que conduz todo o processo. Mas o que é produzir? Produzir é combinar materiais e forças ao nosso alcance. Para produzir coisas novas ou as mesmas coisas de forma diferente devemos combinar diferentemente materiais e forças. Essas são as novas combinações que podem acontecer de forma gradativa ou abrupta. Quanto as novas combinações surgem de forma repentina e descontínua, há o fenômeno do desenvolvimento econômico. Essas novas combinações podem objetivar a introdução de um novo produto, de um novo método, a abertura de um mercado, a conquista de novas matérias-primas ou o estabelecimento de uma nova organização produtiva. Ao ocorrerem novas combinações, elas ocasionam alterações sociais e econômicas.

Em outra passagem da obra de Schumpeter, ele destaca a figura do empreendedor:

“[...] na vida econômica, deve-se agir sem resolver todos os detalhes do que deve ser feito. Aqui, o sucesso depende da intuição, da capacidade de ver as coisas de uma maneira que posteriormente se constata ser verdadeira, mesmo que no momento isso não possa ser comprovado, e de se perceber o fato essencial, deixando de lado o perfunctório, mesmo que não se possa demonstrar os princípios que nortearam a ação”. (SCHUMPETER, 1961, p. 85)

Também a relação entre a inovação, a criação de novos mercados e a ação de empreendedor está claramente descrita por Schumpeter:

“É, contudo, o produtor que, via de regra, inicia a mudança econômica, e os consumidores, se necessário, são por ele ‘educados’; eles são, por assim dizer, ensinados a desejar novas coisas, ou coisas que diferem de alguma forma daquelas que têm o hábito de consumir”. (SCHUMPETER, 1961, p. 65)

De outro lado, ao atribuir papel fundamental ao crédito no crescimento econômico, Schumpeter, de certa maneira, idealizou o moderno banco de desenvolvimento. Assim, escreveu ele:

“Primeiro devemos provar a afirmativa, estranha à primeira vista, de que ninguém além do empreendedor necessita de crédito; ou o corolário, aparentemente menos estranho, de que o crédito serve ao desenvolvimento industrial. Já demonstramos que o empreendedor, em princípio e como regra, necessita de crédito — entendido como uma transferência temporária de poder de compra —, a fim de produzir e se tornar capaz de executar novas combinações de fatores para tornar-se empreendedor”.
(SCHUMPETER, 1961, p. 102)

De acordo com Tigre, (2014, p. 89), as mudanças tecnológicas são usualmente diferenciadas por seu grau de inovação e pela extensão das mudanças em relação ao que havia antes. Segundo Freedman (1997, citado por CARVALHO, 2009), o nível mais elementar e gradual de mudanças tecnológicas é representado pelas “*inovações incrementais*”. Elas abrangem melhorias feitas no *design* ou na qualidade dos produtos, aperfeiçoamentos em *layout* e processos, dentre outras pequenas mudanças. Podem ocorrer em qualquer indústria e não derivam necessariamente de atividades de P&D, sendo mais comumente resultantes do processo de aprendizado interno e da capacitação acumulada. A mudança tecnológica é considerada radical quando rompe as trajetórias existentes, inaugurando uma nova rota tecnológica.

A inovação radical geralmente é fruto de atividades de P&D e tem um caráter descontínuo no tempo e nos setores. Ela rompe os limites da inovação incremental, trazendo um salto de produtividade e iniciando uma nova trajetória tecnológica. O estágio seguinte nessa sequência evolutiva é o das mudanças no sistema tecnológico, no qual um setor ou grupo de setores é transformado pela emergência de um novo campo tecnológico. Tais inovações são acompanhadas de mudanças organizacionais tanto no interior da firma como em sua relação com o mercado. O próximo estágio, caracteriza-se por mudanças no paradigma técnico-econômico: envolve inovações não apenas na tecnologia como também no tecido social e econômico no qual elas estão inseridas. Essas revoluções não ocorrem com frequência, mas sua influência é duradoura. Um paradigma não é apenas técnico,

pois necessita de mutações organizacionais e institucionais para se consolidar. Uma mudança de paradigma abrange várias inovações radicais e incrementais, afetando quase todos os ramos da economia.

Os ciclos longos de desenvolvimento são atribuídos a câmbios sucessivos de paradigma tecnológico, como, por exemplo, a máquina a vapor, a eletricidade e a microeletrônica. Tais inovações constituíram, em diferentes épocas, os fatores-chave que estavam na raiz das transformações tecnológicas e econômicas mundiais.

A difusão de novas tecnologias traz consequências positivas e negativas para diferentes setores da economia e da sociedade. Os impactos da difusão podem ser analisados sob diferentes enfoques, incluindo os de natureza econômica, social e ambiental. Do ponto de vista econômico, a difusão de novas tecnologias pode afetar a estrutura industrial, destruir e criar empresas e setores, afetar o ritmo de crescimento econômico e a competitividade de empresas e países. Um outro impacto econômico importante é observado na criação e destruição de mercados. A difusão de inovações altera a demanda por determinados produtos, afetando a produção e o comércio internacional. Do ponto de vista social, o aspecto mais discutido na literatura é o impacto das novas tecnologias sobre o emprego e as qualificações. Em geral, as novas tecnologias exigem qualificações profissionais diferentes. O volume de emprego gerado ou eliminado depende tanto da natureza do processo quanto das mudanças organizacionais necessárias para sua implantação. O ponto de vista ambiental influencia a difusão de novas tecnologias diante das preocupações da sociedade mundial com a preservação do ar, da água e dos recursos naturais. Observa-se, atualmente, uma onda de inovações destinadas a reduzir os impactos ambientais, desenvolver fontes alternativas de energia, reduzir emissões e produzir de forma mais limpa. (TIGRE, 2014)

2 INDÚSTRIA 4.0 E PANORAMA DE IOT/BIG DATA

No cenário atual de acirrada competição entre empresas dos mais variados segmentos, a diferenciação do produto se dá principalmente pelo preço e pela qualidade oferecida. Desde os primórdios da indústria, pode-se dizer que o foco nos processos estavam pautados nesses dois eixos.

Quando Henry Ford implementou suas linhas de produção em massa, para atender a demanda do crescente mercado americano, o objetivo era ganhar na produção em escala, possibilitando assim, oferecer um produto com preço menor ao cliente final. Entretanto, o único modelo de veículo oferecido, o Ford T, como conta a história, “poderia ser de qualquer cor, desde que seja preto”, ou seja, não possuía customização alguma, e apresentava pouca qualidade. Posteriormente, esse modelo de produção começou a perder força, principalmente em mercados que apresentavam baixa demanda, ou que estavam devastados graças à Segunda Guerra Mundial, caso do Japão, tendo que se adequar ao cenário a qual estava inserida. O sistema de produção em massa foi gradativamente substituído pela filosofia de manufatura enxuta (*lean manufacturing*), com o objetivo de reduzir desperdícios em toda a cadeia de suprimentos, e produzir apenas quando necessário, utilizando o conceito de produção puxada.

A base do Sistema Toyota de Produção é a eliminação do desperdício. Os dois pilares que sustentam o sistema são a automação e o just in time⁴. A automação foi definida como a transferência de inteligência humana para uma máquina. O conceito originou-se de um equipamento que continha um dispositivo que parava a máquina quando um problema havia sido identificado. Na Toyota, caso surja uma situação anormal, exige-se que um funcionário pare a linha. Tal modelo de produção alavanca ganhos em custo e qualidade. Por este motivo, a filosofia japonesa se espalhou pelo mundo, e perdura até hoje na grande maioria das indústrias de manufatura.

Entretanto, um novo paradigma tecnológico começa a surgir na indústria. É o conceito de Indústria 4.0. A indústria 4.0 já é conhecida hoje como “A Quarta

⁴ O termo *Just in time* é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa. Significa literalmente ‘na hora certa’ ou ‘momento certo’.

Revolução Industrial”. É um conceito de indústria proposto recentemente e que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas aos processos de manufatura. O surgimento de um novo movimento tecnológico, liderado pela Indústria Alemã, que revolucionará a fabricação e a forma como as fábricas são projetadas. A Indústria 4.0, como se chama, pode se tornar um novo paradigma e forma de produção. Baseia-se basicamente na conectividade, integração da cadeia de suprimentos, sistemas ciberfísicos, capazes de integrar o chão de fábrica (robôs, produtos e logística) e a aplicação de novas tecnologias. Entre muitos, é possível destacar os conceitos de Internet das Coisas (IoT) e sua integração com o Big Data / Analytics⁵ O cenário da Indústria 4.0 exige um alto nível de competências técnicas, tanto de recursos humanos como financeiros, em relação à escolha e implementação da tecnologia. Assim, é necessário organizar e estruturar a forma de conceber, gerenciar e executar projetos que envolvam a integração entre as tecnologias IoT e Big Data / Analytics. Segundo Heiner (et al. 2014), o termo Indústria 4.0 está relacionado à uma vasta quantidade de conceitos, brevemente detalhados abaixo:

1. “Fábrica inteligente: chão-de-fábrica equipado com grande quantidade de sensores e sistemas autônomos
2. Sistemas cyber-físicos: equipamentos fabris e sistemas de informação convergem entre si. Há interação entre o processo e o produto
3. Novos sistemas no desenvolvimento de produtos e serviços: é intrínseco à Indústria 4.0 approaches em inovação aberta na inteligência e na memória do produto fabricado
4. Adaptação às necessidades humanas: novos sistemas de fabricação devem ser desenhados para se adaptar às necessidades humanas, e não o contrário.”

Heiner (et al. 2014)

Hermann (et al. 2016) indica quatro princípios principais que alavancariam a Indústria 4.0. São eles: interconexão, transparência na informação, decisões descentralizadas e assistência técnica. O primeiro, relacionado à conectividade dos

⁵ o trabalho analítico e inteligente de grandes volumes de dados, estruturados ou não-estruturados, que são coletados, armazenados e interpretados por softwares de altíssimo desempenho.

ativos de uma empresa. Máquinas, sensores, pessoas estão conectadas. Segundo os autores, existem três tipos de colaboração: colaboração humano – humano; colaboração máquina – homem e colaboração máquina – máquina. O segundo princípio, transparência na informação refere-se à digitalização de documentos, à simulações computacionais do chão-de-fábrica e a análise da massiva quantidade de dados geradas pelos diversos sensores. A terceira alavanca permite que, através da conectividade e fluidez das informações, o processo de tomada de decisão pode ser realizado pelos diversos ativos do processo, incluindo as próprias máquinas. Por fim, os autores indicam que a assistência técnica traduzida através de sistemas simples e intuitivos para que tanto operadores, quanto o corpo gerencial, possa atuar no menor intervalo de tempo possível quando existe uma situação de não conformidade.

Para que este sistema funcione, entregando os benefícios acima previstos, novas tecnologias para a Automação Industrial surgiram e muitas delas oriundas do mundo da TI Tecnologia da Informação, perfazendo a convergência destes dois mundos, entre elas podemos citar as principais:

1. Uso do Protocolo IPV6⁶ (ampliação dos pontos de conexão IP de todos *Devices*);
2. Uso do Wireless (ampla utilização de redes sem fio);
3. Uso de Virtualização (criação de diversos computadores a partir de softwares);
4. Uso de Cloud (as informações estarão na Nuvem – compartilhada)
5. Uso do Big Data (todas as informações reunidas, de forma dinâmica para tomada de decisões);
6. Uso de RFID⁷ (todo movimento de materiais é rastreado com todas as informações).

A partir das principais tecnologias acima citadas, podemos entender que teremos uma nova realidade produtiva, onde tudo estará conectado para que as

⁶ Sigla para Internet Protocol version 6.

⁷ Identificação por radiofrequência ou RFID (do inglês "Radio-Frequency IDentification") é um método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de dispositivos denominados etiquetas RFID. Uma etiqueta ou tag RFID é um transponder, pequeno objeto que pode ser colocado em uma pessoa, animal, equipamento, embalagem ou produto, dentre outros. Contém chips de silício e antenas que lhe permite responder aos sinais de rádio enviados por uma base transmissora.

melhores decisões de produção, custo e segurança sejam tomadas, tudo sob demanda comercial de veículos e em tempo real. A partir do uso das premissas anteriores, o amadurecimento operacional levará a uma forte integração da cadeia produtiva e a estruturação técnica de produção estará em processos descentralizados, onde todos os ativos estarão on-line e as tomadas de decisões serão baseadas no Big Data.

Dentro do universo de tecnologias e conceitos disponíveis intrínsecos à Indústria 4.0, está a Internet das Coisas, ou Internet of Things (IoT), e o Big Data. Segundo Kagermann (et al. 2013), um dos pilares que sustenta a Indústria 4.0 é o Internet of Things, que é capaz de conectar tanto o produto, quanto o processo, por meio de sensores inteligentes.

Nolin e Olson (2014) discorrem sobre o conceito em uma maneira mais ampla. Segundo os autores, os usuários de componentes de IoT são ativos em diversos contextos e desempenhando papéis diferenciados. Os aparelhos e aplicações se comunicam constantemente. Da ótica da indústria, visa-se sensorizar equipamentos, produtos finais, embalagens, etc., e conectar essas medições em uma rede, com o objetivo de rastrear, quando se trata do produto e embalagens, ou de medir uma série de parâmetros que sejam fundamentais a serem monitorados. O que ocorre posteriormente é o levantamento de uma massa de dados considerável que necessita ser armazenado e interpretado. A consequência prática do IoT é o conceito de Big Data. Hashem (et al. 2015) inferem que a eminência de utilização de IoT produziu um fluxo de dados estruturados ou não estruturados. Isto, somado a outros três fatores é o que segundo os autores caracteriza o Big Data: a) dados numerosos; b) dados não podem ser caracterizados de maneira relacional em base de dados e c) os dados gerados são capturados e processados rapidamente. Existem diversas aplicações possíveis do Big Data no chão-de-fábrica, onde seria possível analisar os índices de eficiência de máquinas e operadores, na cadeia de suprimentos como um todo, onde embalagens e peças seriam rastreadas desde o momento que deixam um cliente ou fornecedor e também aplicações nas áreas comerciais, analisando padrões de consumo de clientes.

Visando a diferenciação entre demais concorrentes, as empresas de manufatura têm tentado aumentar seu grau de maturidade quando se trata de ferramentas e conceitos em Indústria 4.0. Porém, sua boa utilização é desafiadora, e requer um nível de competências, tanto em mão de obra qualificada, quanto o custo

com implementação dessas tecnologias. Dado o fato de se tratar de conceitos novos, as empresas ainda não possuem nível de conhecimento elevado, que as façam nortear ações que rumam à aplicação de Indústria 4.0. As dúvidas começam no entendimento das tecnologias a serem utilizadas, e em suas definições e aplicações.

Foram descritos anteriormente, dois sistemas de produção que se tornaram paradigmas tecnológicos por muito tempo. Primeiramente, o sistema de produção em massa de Ford, que posteriormente foi substituído por conceitos de manufatura enxuta, implementados primeiramente nas fábricas da Toyota no Japão. Entretanto, a medição da qualidade não era algo a ser considerado, até que, em meados da década de 40, criou-se o controle estatístico do processo, que visava aplicar métodos estatísticos para prevenção de defeitos do produto. Porém, ainda não era possível verificar a disponibilidade do maquinário, suscinto à quebras a qualquer momento.

Atualmente, grande parte da responsabilidade pelas baixas de produção em uma fábrica, é a quebra inesperada do equipamento, mesmo que muitos deles possuam algum tipo de coleta de informações embarcada. Infelizmente, as equipes de manutenção das empresas, ainda não possuem ferramentas eficientes o bastante para predizer ou estimar um momento ideal a se fazer manutenção necessária. Ou seja, os dados a serem analisados estão disponíveis na maioria dos casos, mas não há o que ou quem possa retirar informação relevante para tomada de decisões importantes. Grande parte dos esforços concentra-se em manutenções corretivas (*worst case scenario*⁸) e preventivas. A perda maior ocorre quando na manutenção corretiva, onde o equipamento já apresentou uma quebra, e, provavelmente, essa quebra se espalhou para toda a fábrica, causando grande impacto no OEE (*overall equipment efficiency*⁹) e principalmente, no volume de produção. A manutenção preventiva entretanto, ocorre antes das falhas acontecerem, com o objetivo de mitigá-las. Porém, nem sempre o calendário de manutenção é otimizado, já que existe a possibilidade de os times engajados na

⁸ Cenário do pior caso.

⁹ É o padrão-ouro para medir a produtividade de fabricação. Simplificando - identifica a porcentagem de tempo de fabricação verdadeiramente produtiva

manutenção, estejam super alocando recursos, para realizar reparos em equipamentos que não necessitam de cuidados naquele determinado momento.

Tendo em vista esse cenário, o alcançável principal seria a disponibilidade de técnicas que poderiam dizer, com assertividade o melhor momento a se realizar manutenção. Essas técnicas não eram conhecidas, até que surge a filosofia de Indústria 4.0, onde as tecnologias de IoT, Big Data e Analytics, seriam responsáveis por auxiliar as equipes de manutenção e prever e antecipar quebras no maquinário.

3 AS APLICAÇÕES DE IOT/BIG DATA E COMO ELA RUMA EM DIREÇÃO A INDÚSTRIA 4.0

Carros conectados com seus usuários e ao ambiente são de grande interesse à indústria automobilística. Prova disso é que o número de carros conectados em uso cresceu significativamente nos últimos três anos. Hoje, há mais de 5,5 milhões desses veículos no mundo, e cada um deles gera cerca de 25GB de dados por dia. Esse valor de dados armazenado inclui informações do veículo, rota, velocidade, status de pneus e peças e condições do tempo. (ADRENALINE, 2017, não paginado). Essa tecnologia é extremamente útil no caso de segurança e de serviços de emergência para casos de acidentes e/ou de problemas mecânicos – incluindo notificação de roubo e rastreamento, diagnóstico mecânico remoto e banco de dados com informações médicas do motorista.

Para um futuro próximo, o objetivo dos carros conectados é disponibilizar informações de engarrafamento de tráfego através da comunicação direta entre carros e centros de controle e entre carros e rodovias. Imagina-se, ainda, que seja possível ajustar a distância entre os carros, em uma rodovia, através de controles automáticos. Se o objetivo acima for realmente cumprido, os engarrafamentos nas rodovias e nas cidades diminuirá significativamente. Como causa indireta, teremos redução no uso de combustível (a emissão de CO₂ diminuirá também) e uma maior sensação de bem-estar para a população geral. Mas a prioridade das fabricantes é otimizar a capacidade de armazenamento de dados e aumentar a segurança dessas informações armazenadas. É claro que isso está relacionado diretamente com o lucro de fabricantes e concessionárias, que podem lucrar mais com carros mais seguros e conectados.

A população hoje busca cada vez mais carros com esse tipo de tecnologia. E, logicamente, a montadora que mais investir nisso será aquela que ganhará maior participação de mercado. Assim, aumentando cada vez mais sua produtividade e, conseqüentemente, sua lucratividade. As “máquinas de quatro rodas” estarão, por exemplo, totalmente conectadas à nuvem e poderão ter seus sistemas atualizados sem a necessidade de que sejam levadas a uma oficina mecânica. Ou seja, antes do carro ter alguma quebra, a mesma pode ser antecipada através desse sistema. Economicamente, significa que o consumidor vai evitar o gasto com a correção desses problemas, desde que os mesmos serão antecipados. O novo modelo de

negócio com foco no *Big Data* vai abranger também outros setores de conectividade, como desenvolvimento de *apps*, monitoramento, diagnóstico remoto, sistemas de navegação mais precisos e entretenimento *on board*¹⁰.

Em uma empresa automobilística, localizada no Estado do Paraná, foi identificado o uso real de IoT no sistema de fabricação. O complexo possui mais de 10 mil funcionários e fabrica quatro tipos de veículos. Com uma grande influência do mercado externo, os temas relacionados à inovação estão tendo grande destaque, sobretudo nos perímetros fabris, comercial e no departamento de Tecnologia de Informação. Nesta fábrica, existe um grande esforço liderado pelo Departamento de TI, para melhorar o uso de tecnologias, a fim de alcançar performance, competitividade e altos níveis de maturidade da Indústria 4.0. Recentemente, foi inaugurado um novo setor dentro do Departamento de TI, este, chamado de “*Digital*”. Segundos os analistas deste setor, há um plano de quatro estágios de maturidade para esta indústria de automóveis.

3.1 ENTERPRISE ASSET MANAGEMENT (EAM)

EAM é uma abordagem para gerenciar os ativos industriais de forma holística através do uso de software. A IoT já entrou em jogo no que diz respeito ao "gerenciamento de desempenho de ativos", usando sensores e conectividade para entender e prever quando o equipamento vai precisar de manutenção ou substituição. Ao equipar máquinas industriais com tecnologia IoT, as empresas podem acessar ondas de dados em tempo real sobre desempenho, carga de trabalho, estresse e uma série de outras variáveis significativas. Analisando esses dados, é possível correlacionar fatores que levam à falha do equipamento (incluindo fatores externos como tempo e temperatura) e, portanto, programar pro-ativamente a manutenção para evitar paradas dispendiosas. A manutenção proativa e ajustes de desempenho em tempo real produzem economia imediata de custos e ajudam a otimizar a produção e a eficiência.

¹⁰ Sistema de dados, entretenimento, informações, dentre outros, interno ao veículo.

3.2 MONETIZAR O DESEMPENHO GARANTIDO

Levando o gerenciamento de desempenho de ativos um passo adiante, a IoT não apenas evitará falhas, como também garantirá resultados. O objetivo é utilizar de IoT para monetizar ativos financeiros e criar novos modelos de negócios: contratos baseados na garantia que seus ativos industriais irão executar até certo nível. Segundo o supervisor desta área, se bem executado, este é um modelo “ganha-ganha” para comprador e vendedor. Empresas de equipamentos podem usar IoT para estimar novos fluxos de receita, enquanto fabricantes que usem máquinas “inteligentes” podem ter a certeza de que seus investimentos produzirão resultados tangíveis. A rentabilidade será a métrica chave no final do dia. IoT passa a ser diretamente relacionada a redução de custos e eficiência.

3.3 SOLUÇÕES CUSTOMIZADAS DE IOT

Não são tanto os sensores conectados que farão a diferença aqui, mas o software que fará uso dos dispositivos de IoT e das vastas redes de dados que os sustentam. Esse conjunto irá realmente desbloquear o potencial de IoT na fabricação. A ideia aqui é que cada cadeia de suprimentos de fabricação pode ser alimentada por uma série de aplicativos personalizados projetados para otimizar seus processos específicos. O elemento importante disso é que, assim como os aplicativos de smartphones são escritos para uma plataforma estabelecida (iOS ou Android), os aplicativos IoT personalizados existirão em cima de redes de dados estabelecidas, que ligam partes diferentes da cadeia de suprimentos de fabricação. A vantagem disso é que as empresas podem criar soluções personalizadas sem enfrentar o problema dos silos de dados e incompatibilidades entre divisões e parceiros da cadeia de suprimentos.

3.4 AVANÇOS NA AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA

Muito do foco inicial em IoT é obter informações de equipamentos. A visibilidade aumentada proporcionada pela IoT significa maior compreensão dos processos e melhores oportunidades de eficiência e redução de custos. Mas o estágio mais maduro da adoção do IoT será um fluxo bidirecional de informações.

Em vez de apenas obter *insights*¹¹ de equipamentos, os fabricantes serão capazes de empurrar as informações de volta para eles, alterando configurações, ordens, operações, tudo de forma segura e remota. A relação entre informação e controle permitirá que o Big Data e os algoritmos de *Machine Learning* possam ajustar as operações automaticamente, em tempo real. *Machine Learning* é um método de análise de dados que automatiza o desenvolvimento de modelos analíticos. Usando algoritmos que aprendem interativamente a partir de dados, o aprendizado de máquinas permite que os computadores encontrem *insights* ocultos sem serem explicitamente programados para procurar algo específico.

Os equipamentos de IoT se tornarão assim os olhos, as orelhas, e os membros de um sistema de fabricação inteligente. No final, o que teremos é feedback completo entre dados em tempo real, análise e controle. A análise de Big Data leva em consideração a carga de trabalho, o estresse e a capacidade de ambos os equipamentos, o destino final da mercadoria e os custos de transporte ajustados, os prazos de entrega e a rentabilidade global. Em seguida, todo o sistema otimiza automaticamente as operações e começa a alterar a produção, ordenando as mudanças de controle para o equipamento de fabricação inteligente. Como todas essas operações estão conectadas por meio de uma rede de dados comum, todas as partes envolvidas ficarão cientes e atualizadas sobre as mudanças. Este é o potencial revolucionário da IoT na indústria.

A indústria automobilística em questão, hoje, se considera estar entre o estágio 1 e 2. Temos dois estudos de caso reais abaixo, aplicados nesta mesma indústria.

3.5 O USO DE IOT E BIG DATA COM MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O primeiro estudo de caso que veremos aqui é um exemplo prático e real do uso de IoT/Big Data. Durante o estudo de caso, foi analisada a maneira com que foi desenvolvido um projeto utilizando os conceitos de Big Data/Data *analytics* orientados à manutenção preditiva. A manutenção preditiva, conforme já citado acima, permite a realização de intervenções de equipamentos no momento certo,

¹¹ Insight é um substantivo com origem no idioma inglês e que significa compreensão súbita de alguma coisa ou determinada situação.

resultando em um cronograma de manutenção otimizado. O objetivo final é atuar de forma preditiva, que, com base em dados históricos coletados de dispositivos IoT, pode enviar alertas no melhor momento para realizar a manutenção, antes que o equipamento realmente “quebre”. O cenário que se evidenciava na empresa era apenas o de manutenção corretiva (quando o equipamento já falhou) e a manutenção preventiva planejada, com base em um cronograma de manutenção estipulado pelos fornecedores do equipamento no momento da compra.

Essa empresa desenvolveu um projeto com a utilização de dispositivos IoT para coletar dados em tempo real de máquinas chave para o processo de produção dos veículos, para serem analisados e interpretados, com o objetivo de oferecer uma aprendizagem útil, a fim de ajudar as equipes de manutenção a tomar melhores decisões. Para a coleta de dados, três sensores de vibração (dispositivos IoT especializados em detectar vibrações, inclinações e temperatura das máquinas em que foram instaladas) foram posicionados estrategicamente no motor principal do equipamento. Os dados de vibração são enviados por *bluetooth* (forma em que a transmissão de dados é feita por meio de radiofrequência, permitindo que um dispositivo detecte o outro independente de suas posições, sendo necessário apenas que ambos estejam dentro do limite de proximidade) para um *gateway* central de informações. Gateway é o nome mais comum que se utiliza em TI para “pontos de ligação”, ou seja, é uma máquina intermediária destinada a interligar redes e informações. Ainda, habilitam a comunicação entre diferentes ambientes: o gateway converte dados de um ambiente para o outro e vice-versa, fazendo com que eles “conversem” na mesma linguagem. Os dados coletados são enviados para uma plataforma IoT através de um roteador de internet a cada hora. Os dados da vibração coletada, então, foram colocados em uma plataforma on-line, em tempo real provendo informações estatísticas da máquina em questão.

As informações coletadas foram utilizadas para entender o exato momento em que o parâmetro da máquina poderia estar desviando do valor aceitável para um bom funcionamento. Este alerta contém a identificação do modo de falha específico (desalinhamento do motor, falta de lubrificação, etc.). A identificação do modo de falha é possível porque a ferramenta analisa a frequência da onda de vibração, que pode então relacionar com os modos de falha, e predizer o desvio a ser encontrado. O objetivo é que a coleta de dados possa contribuir para a análise preditiva,

contribuindo assim, para que a máquina não “quebre” evitando paradas de produção. Economicamente, isto é extremamente importante para a linha de produção, desde que não se tem mais perdas, paradas na fábrica, bem como manutenções corretivas excessivas. Hoje, nesta fábrica, fabrica-se um carro por minuto, sendo que o custo de perda por carro quando a linha está parada é de R\$ 1.645,12. Ou seja, se uma máquina estraga e a linha fica parada por 3 horas (180 minutos), por exemplo, teremos uma perda financeira de quase R\$ 300.000,00.

No caso da empresa automobilística em questão, a mesma possuía contrato em torno de R\$ 500.000,00 por ano com uma terceira empresa para realizar as manutenções corretivas. Com o uso de IoT e Big Data para a manutenção preventiva, esse contrato passou para em torno de R\$ 280.000,00. Ou seja, uma redução de custo para a empresa de R\$ 220.000,00 ao ano. Considerando que os automóveis vendidos pela empresa mantiveram o mesmo preço, esta lucra cada vez mais por venda, desde que seu custo de produção diminuiu e seu preço de venda se manteve. Portanto, por analogia, a aplicação em larga escala dessas tecnologias alavanca os ganhos no processo produtivo, reduzindo suas perdas com reatividade e eliminação de horas com manutenção preventiva e corretiva. Consequentemente, aumenta-se a vida útil das máquinas e o rendimento global da planta cresce.

Qualitativamente, há uma simplificação de processo e ainda, essa conexão que a IoT na indústria 4.0 fornece, gera oportunidades inéditas, criando um grande valor agregado aos produtos e processos que dela se utilizam. Com base nas decisões tomadas por meio da visão global de todos esses fatores, o processo produtivo se torna mais eficiente, reduzindo os impactos negativos e maximizando a cadeia de valor do setor industrial. Resumindo, o uso de IoT e Big Data nesse caso aumenta a eficiência da planta nos seguintes sentidos: melhora o uso do ativo, reduz paradas de produção e melhora a eficiência da mesma e, por último, reduz o custo do ciclo de vida do ativo e ainda, reduz a depreciação.

3.6 USO DE IOT E BIG DATA COM AGV MONITORING

Na mesma empresa citada acima, a fim de otimizar o trabalho operacional de transporte de peças e partes para a montagem e fabricação dos veículos, foi identificada a oportunidade de utilizar veículos autônomos, que sem a intervenção

manual, poderia auxiliar e agilizar estas operações. Partindo deste pressuposto, foram implementados nas linhas de produção os AGV's – *Automatic Guided Vehicle*. Foram mapeadas as áreas onde poderiam ser implementadas a solução, e instalado sensores nos trajetos que os AGV's realizariam as operações. Estes sensores possuem a funcionalidade de guiar os AGV's nos trajetos definidos, e evitar que eles colidam com obstáculos na linha de fabricação.

Foi implementado uma solução desenvolvida para gerar informações estatísticas dos AGV's, a partir de dispositivos IoT, contendo uma placa de comunicação e um Raspberry Pi (computador do tamanho de um cartão de crédito, que se conecta a um monitor de computador ou TV), onde conseguia-se extrair em tempo real, informações de posicionamento dos AGVs nos trajetos, alertas de falhas, necessidade de manutenção e até mesmo conectividade dos AGVs. Todos esses dados são armazenados em um banco de dados, onde através de um sistema de análise de dados, consegue-se extrair informações para realizar ações proativas nos AGVs, visando reduzir a necessidade de muitas pessoas estarem dedicadas a esta função, e também possibilitado informações de performance operacional. Com a implementação em larga escala desse recurso, observou-se que não seria mais necessário pessoas para acompanhar os AGVs, a fim de solucionar problemas que poderiam vir a ocorrer durante o percurso dentro do perímetro fabril, tais como falta de bateria, pane, colisão, ou alertas diversos que impossibilitariam o bom funcionamento dos mesmos. Anteriormente, dois funcionários da empresa ficavam pela fábrica solucionando problemas dos AGVs. Agora, com a solução, esses dois funcionários foram transferidos para outra função e obteve-se uma redução de custo de R\$ 260.000,00 ao ano.

Sobre as aspirações desta indústria para o futuro, há um plano bem definido até 2022, que busca sinergias de 10 bilhões de euros e receita total de 240 bilhões de dólares através de uma aliança entre três gigantes empresas do ramo automobilístico. A ideia é ter o comum uso no desenvolvimento de plataformas, grupos de motores e tecnologias pela mobilidade elétrica, autônoma e conectada à próxima geração. Também se inclui a expansão em tecnologias compartilhadas para veículos elétricos, juntamente com o desenvolvimento e a implantação de sistemas avançados de mobilidade autônoma, conectividade de veículos e novos serviços de mobilidade. Doze novos veículos elétricos circularão em 2022 usando novas

plataformas — estas também compartilhadas — para veículos elétricos e componentes para outros tipos de segmentos. Durante o mesmo período, serão introduzidos 40 automóveis com diferentes níveis de mobilidade autônoma. Além disso, o grupo se tornará um operador de serviços de veículos robotizados que permitirá a gestão de automóveis com serviços de transportes de passageiros, sendo esta um dos mais importantes gerenciamentos estratégicos para serviços de mobilidade¹².

O objetivo é que este plano aumente o crescimento e a rentabilidade das empresas. Pretende-se gerar novas sinergias de crescimento, mantendo a autonomia das três montadoras do grupo e cooperando com a eficiência e a experiência desta união. As três marcas representam a maior aliança automotiva do mundo. É a associação intercultural de maior duração e com maior eficiência na indústria automotiva. Juntas, as empresas venderam cerca de dez milhões de veículos em quase 200 países em 2016. Esta cooperação estratégica é líder no setor de veículos de emissão zero e está desenvolvendo as tecnologias mais avançadas, com planos para oferecer condução autônoma, conectividade e serviços em uma ampla gama de veículos acessíveis. O cronograma para implantação da direção autônoma, incluirá¹³:

1. **2018**: Veículo de condução altamente autônomo para uso em rodovias - com monitoramento contínuo do meio ambiente pelo motorista humano.
2. **2020**: Veículo de condução altamente autônomo para uso nas cidades - com monitoramento contínuo do meio ambiente do motorista humano e também para uso em rodovias, entretanto, com intervenção ocasional do motorista humano.
3. **2022**: Primeiro veículo de condução totalmente autônomo - sem necessidade de intervenção humana do motorista.

(Alliance News, set 2017)

Obviamente o conceito de IoT e Big Data serão extremamente utilizados para alcançar esses objetivos, desde que, apenas com o domínio destas

¹² Retirado do site Alliance News disponível em: <https://www.alliance-2022.com/news/alliance-2022-announcement/>

¹³ Idem item anterior.

tecnologias, será possível que, em 2022, tenhamos veículos que não precisem de qualquer intervenção humana.

4 CONCLUSÃO

A melhor maneira de inovar em um setor industrial é quando se consegue identificar uma tendência de comportamento e se antecipar para aplicar uma nova ideia na sua indústria. O mercado já mostra que o mundo caminha para a Quarta Revolução Industrial. Isso representa a introdução da tecnologia da informação nas indústrias. Portanto, para as empresas que buscam sair na frente dentro do seu mercado, inovar e apostar na internet das coisas (IoT) na indústria 4.0 pode ser um ótimo caminho. Existe ainda um potencial escondido para um alto crescimento das indústrias, esse potencial é a utilização dos dados. Um bom uso desses dados permite aumentar a eficiência operacional, tomar melhores decisões e até criar novos modelos de negócio.

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 e aumentar.

O passado econômico recente do Brasil foi marcado por fraco crescimento e baixas expectativas. Os culpados são claros: o insignificante crescimento da produtividade e os níveis deficientes de inovação afetam a capacidade brasileira de prosperar. IoT definitivamente ajuda a superar esta situação se os líderes empresariais e o governo agirem de forma decisiva para aproveitar as oportunidades que esses novos conceitos oferecem. Certamente esses novos conceitos irão revolucionar a indústria brasileira. Há um enorme nicho de mercado nesse aspecto. Os consumidores brasileiros têm enorme apetite por tecnologia e adotam inovações rapidamente. Portanto, se os fabricantes passarem a investir nisso, haverá lucros

garantidos em três principais aspectos: aumento de produtividade, economia de energia e matéria-prima e melhor controle de qualidade tanto de seus maquinários quanto do produto final.

Essa nova revolução ainda está um pouco distante da realidade das indústrias brasileiras e é preciso que os empresários aceitem e acreditem que sua empresa ou processo podem aderir a essas inovações tecnológicas e isso lhe trará enorme benefícios no futuro, razão pela qual é de suma importância estar cada vez mais atualizado nesse mundo, onde a busca pelo destaque mundial está cada vez maior. Cumpre ressaltar que estas tecnologias não se destinam a substituir os seres humanos em seus empregos ou acarretar o desemprego, mas que têm o objetivo de servir à humanidade, melhorar a qualidade do trabalho humano e proporcionar empregos mais seguros.

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 maior velocidade para atender o mercado.

5 REFERÊNCIAS E DOCUMENTOS CONSULTADOS

ABERNATHY, W. J e UTTERBACK, J., **Patterns of Industrial Innovation**. Technology Review, vol. 50, nº7, jun-jul **1978**.

ABERNATHY, W. J. et al., **Industrial Renaissance: Producing a Competitive Future for America**. Basic Books: New York, **1983**.

ABERNATHY, W. J. e CLARK, K. B., **Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction**. **Research Policy**, vol. 14, North-Holland, **1985**, p. 3-22.

BIG DATA BUSINESS. **Big Data: combustível que acelera a indústria automobilística**. HEKIMA web site. Disponível em: <<http://www.bigdatabusiness.com.br/big-data-e-a-industria-automobilistica/>>. Acesso em: 06 set. 2017.

CANCELIER, Mari. **Big Data vai impulsionar indústria automotiva; 5,5 milhões de carros conectados rodam pelo mundo**. Disponível em: <<https://adrenaline.uol.com.br/2017/03/30/49014/big-data-vai-impulsionar-industria-automotiva-5-5-milhoes-de-carros-conectados-rodam-pelo-mundo/>> Acesso em: 15 nov 2017.

CARVALHO, M. M. **Inovação. Estratégias e Comunidades de Conhecimento**. Atlas: São Paulo, 2009.

CROITORU, A. **Schumpeter, Joseph Alois, 1939, Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process, New York and London, McGraw – Hill Book Company Inc**. Journal of Comparative Research in Antropology and Sociology: Romania, vol. 8, n. 1, summer 2017, ISSN 2068 - 0317.

DOMINGUES, Ronald. **A teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter**. Disponível em: <<http://www.portalprudente.com.br/apostilas/Banco%20Central/BACEN%20->

%20A%20teoria%20do%20desenvolvimento%20econ%F4mico%20de%20Shumpeter.doc>. Acesso em: 08 maio 2012.

FUJIMOTO, T. **The Evolution of a Manufacturing System at Toyota**. Oxford University Press: England, 1999.

FUJIMOTO, T. TAKEISHI, A. **Automobiles: Strategy-Based Lean production System**. Discussion Papers, University of Tokyo: Tokyo, 2001.

International Trade Administration Document, **The Road Ahead for the U.S. Auto Industry**. U.S. Department of Commerce – Federal Publicarions: Nova Iorque, jun. de 2005.

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., Hoffmann, M. **Industry 4.0**. Business & Information Systems Engineering: 2014, Vol. 6: Iss. 4, 239-242. Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/bise/vol6/iss4/5>> Acesso em 20 nov. 2017.

LOPES, G. C. **O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems Blog. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

MARSILI, O. **The Anatomy and Evolution of Industries**. Edward Elgar: Cheltenham, 2001.

SAS - THE POWER TO KNOW. **A história do Big Data e considerações atuais**. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html>. Acesso em: 14 set. 2017.

SHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Fundo de Cultura: Rio de Janeiro, 1961, p. 127.

SCHUMPETER, J. **The Theory of Economic Devefopment**. Oxford University Press: Oxford, 1978. p. 63.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Elsevier: Rio de Janeiro: 2014, 2 ed., 296 p.

_____. 2006.

UNITED STATES CENSUS BUREAU. Disponível em: <<https://census.gov/>> Acesso em: 23 nov. 2017.