

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO E LICENCIATURA EM ENGENHARIA
MECÂNICA

MATEUS APARECIDO CAMARGO DA SILVA

POTENCIAS GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM A INDÚSTRIA 4.0

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017

MATEUS APARECIDO CAMARGO DA SILVA

POTENCIAIS GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM A INDÚSTRIA 4.0

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso Superior em Bacharelado e Licenciatura em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. José Tomadon Júnior

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curso de Engenharia Mecânica**



TERMO DE APROVAÇÃO

POTENCIAIS GANHOS DE PRODUTIVIDADE COM A INDÚSTRIA 4.0

POR

MATEUS APARECIDO CAMARGO DA SILVA

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 13:00 hs do dia 07 de Junho de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO MECÂNICO, linha de pesquisa – Gestão da Produção, no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. José Tomadon Júnior - (Orientador)

Prof. Me. Carlos de Nardi - (Membro)

Prof. Dr. Cleverson Flor da Rosa - (Membro)

Profª Me. Josieli Soares dos Santos - (Membro)

“A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação de Curso.”

RESUMO

SILVA, C. Aparecido Mateus. Potenciais ganhos de produtividade com a Indústria 4.0 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2017.

Neste trabalho são abordados os potenciais ganhos da Indústria 4.0, suas ferramentas que constituem sistemas de interligação de máquinas da cadeia produtiva à rede (IoT), permitindo o controle da produção a distância. Gerando uma quantia imensa de dados (BIG DATA), que precisam ser geridos e interpretados para viabilizar a melhor visualização e programação dos processos produtivos. Por meio de uma consulta bibliográfica são observados os resultados de empresas que têm seus processos produtivos nos moldes da Indústria 4.0. Com os processos cada vez mais automatizados, almeja-se a otimização da produção e redução de custos, assim como o aumento da efetividade, diminuindo o tempo de fabricação. Um dos grandes benefícios da Indústria 4.0 é o aumento da capacidade produtiva, diminuição de defeitos, dado o alto grau de automatização, e a flexibilização da linha de produção, permitindo que se produza com grande variabilidade em pequenas quantidades com mesmos lucros da produção em massa.

Palavras-chave: Indústria 4.0. BIG DATA. Internet das coisas. Produtividade.

ABSTRACT

SILVA, C. Aparecido Mateus. Potenciais ganhos de produtividade com a Indústria 4.0 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2017.

In this work, the potential gains of Industry 4.0, their tools are machine interconnection systems in the production chain to the network (IoT), allowing control of production away. Generating a huge amount of data (BIG DATA), which need to be managed and interpreted to enable the best visualization and programming processes. Through a bibliographical query are observed in the results of the companies that are their productive processes in the mold of Industry 4.0. With increasingly automated processes, it is intended to optimization production and cost reduction, as well as increased efficacy, decreased manufacturing time. One of the great benefits of Industry 4.0 is the increase in production capacity, reduction of defects, given the high degree of automation, and the flexibility of the production line, allowing them to produce with great variability in small quantities with same profits from mass production.

Key-words: Industry 4.0, BIG DATA. Internet of things. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de identificação por rádio frequência (RFID).....	22
Figura 2 – Impressoras 3D Profissionais vendidas	24
Figura 3 – Produção e retrabalho na Linha 2	26
Figura 4 – Percentual de produção e retrabalho da Linha 2	27
Figura 5 – Média de produção por operador na Linha 2	28
Figura 6 – Operações de montagem na Linha Automatizada	29
Figura 7 – Produção e retrabalho na Linha Automatizada	30
Figura 8 – Percentual de produção e retrabalho da Linha Automatizada.....	31
Figura 9 – Média da produção por operador na Linha Automatizada.....	31
Figura 10 - Custo de prototipagem em ABS vs convencional	37
Figura 11 - Tempo de prototipagem em ABS vs convencional.....	37
Figura 12 - Identificação de tecnologias digitais importantes para a competitividade da indústria.....	39
Figura 13 – Barreiras internas que dificultam a adoção de tecnologias digitais	40
Figura 14 – Barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais.	40
Figura 15 – Medidas de governo para acelerar a adoção de tecnologias digitais	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de profissões mais propensa à automação	13
Tabela 2 – Comparativo dos conceitos com os achados de pesquisa	33

LISTA DE SIGLAS

CNI	Confederação Nacional da Indústria
RFID	Identificação por Rádio Frequência
IoT	Internet das Coisas
ABS	Moldes Impressos Tridimensionalmente
SCF	Sistemas Ciber-Físicos
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVO GERAL.....	14
1.2.1 Objetivos Específicos	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 BIG DATA.....	16
2.2 INTERNET DAS COISAS – IOT	18
2.3 SISTEMAS CIBER-FÍSICOS – SCF	20
2.4 IMPRESSÃO 3D.....	23
3 METODOLOGIA.....	25
4 RESULTADOS	26
4.1 INDÚSTRIA BRASILEIRA: ANÁLISE	26
4.2 INDÚSTRIAS INTERNACIONAIS.....	33
4.3 CENÁRIO BRASILEIRO.....	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O termo Indústria 4.0, foi cunhado na Feira Hannover, na Alemanha, em 2011, para descrever um novo conceito de produção que vai revolucionar a organização das cadeias de valores globais, com sistemas físicos trabalhando concomitantemente com sistemas virtuais, com uma união flexível. Isso permite a personalização absoluta de produtos, sem acarretar custos à produção (SCHWAB, 2016).

Segundo o relatório do Bcg Perspectives (2015), são nove as principais tecnologias contidas no conceito da Indústria 4.0, determinantes para a produtividade e crescimento das indústrias. Tais tecnologias são:

1. Robôs: muitas indústrias têm usado robôs há muito tempo para lidar com atribuições complexas, mas os robôs estão evoluindo para uma maior utilidade. Eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos;

2. Impressão 3D: as indústrias começaram a adotar a fabricação de aditivos com a impressão em 3D há algum tempo, usando-a principalmente para prototipagem e produção de componentes individuais. Com a Indústria 4.0, esses métodos de fabricação de aditivos são amplamente utilizados para produzir pequenos lotes de produtos personalizados;

3. Simulação: simulações tridimensionais de produtos, materiais e processos de produção já são usadas, mas no futuro, as simulações também serão mais utilizadas nas operações da planta, permitindo aos operadores testar e otimizar, virtualmente, as configurações da máquina anteriormente à produção física, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade dos processos produtivos;

4. Integração horizontal e vertical de sistemas: é a unificação dos diferentes setores da indústria, além da interligação entre fornecedores, indústria e clientes através dos sistemas de tecnologia da informação – TI. Com a Indústria 4.0, as empresas, os departamentos, as funções e os recursos se tornarão muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados entre indústrias evoluírem e permitirem cadeias de valor integralmente automatizadas;

5. Internet das coisas - IoT: são objetos/coisas com computação incorporada e conectados a um sistema de tecnologias padrão. Isso permite que os dispositivos de campo se comuniquem e interajam uns com os outros e com controladores mais centralizados, conforme necessário. Também descentraliza a análise e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real;

6. BIG DATA: são grandes volumes de dados gerados a uma alta velocidade, com alta variedade de conteúdo e possibilidade de compartilhamento, em um contexto da Indústria 4.0 a coleta e avaliação abrangente de dados de muitas fontes diferentes como equipamentos, sistemas de produção e também sistemas de gerenciamento de empresas e clientes, se tornará padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real;

7. Nuvem: são aplicativos fornecidos como serviços de armazenamento de dados pela internet (ARMBRUST et al., 2011). As empresas já estão usando *softwares* baseados em nuvem para alguns aplicativos corporativos e analíticos, mas com a Indústria 4.0, mais empreendimentos relacionados à produção exigirão um maior compartilhamento de dados entre os *sítes* e as empresas;

8. Segurança cibernética: é o termo que designa o conjunto de meios e tecnologias que visam proteger, de danos e intrusão ilícita, programas, computadores, redes e dados (DICIONÁRIO PORTUGUÊS, 2016). Com o aumento da conectividade que acompanha a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de fabricação contra ameaças de segurança cibernética aumenta dramaticamente. Como resultado, são essenciais comunicações seguras e confiáveis, bem como gerenciamento sofisticado de acesso a dados de máquinas e usuários;

9. Realidade aumentada: é uma técnica utilizada para unir o mundo real com o virtual, por meio da inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrada ao usuário em tempo real com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Os sistemas baseados em realidade aumentada suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um depósito e o envio de instruções de reparo por meio de dispositivos móveis. Estes sistemas possibilitarão às indústrias o fornecimento de informações em tempo real

aos seus trabalhadores, para melhorar a tomada de decisão e procedimentos de trabalho.

Na Alemanha, um inquérito representativo, realizado pela Bitkom Research e consultoria EY (Ernst & Young), com 554 empresas de fabricação alemãs, demonstrou que três quartos das empresas industriais pesquisadas (79%), dizem que a Indústria 4.0 já é estrategicamente importante ou, mesmo, muito importante para o seu negócio. 78% acreditam que a importância de novas tecnologias deve ter significativos aumentos nos próximos cinco anos (RESEARCH, 2015).

Atualmente, na Alemanha, cerca de quatro em cada dez empresas industriais (39%), utilizam soluções da Indústria 4.0, o plano para outras 22% é discutir a respeito dessas soluções. Christoph Kilger, sócio da EY, enfatiza que a Indústria 4.0 torna os processos nas fábricas mais eficientes. Cada peça tem seu momento certo de montagem no lugar certo, pré-estabelecido. Isso economiza custos enormes especialmente em um país de alto salário como a Alemanha, onde a diminuição de custos significa uma vantagem competitiva. Portanto, a questão é central para a competitividade das empresas da Alemanha. A introdução de aplicações inteligentes em fábricas alemãs deve ser estimulada rapidamente (RESEARCH, 2015).

O Dr. Axel Pols, que é CEO da empresa alemã Bitkom Research, afirma que o uso das ferramentas de soluções, englobadas no termo Indústria 4.0, tornaram-se um fator de sucesso para o setor manufatureiro, pois otimizam os processos, ajudam no planejamento de manutenção de maneira efetiva e econômica, permitindo a fabricação de um maior número de produtos distintos em pequenos lotes (aumento da flexibilidade produtiva). Afirma ainda, que nos moldes da Indústria 4.0 novos modelos de negócios da indústria são possíveis e essa abertura de novas possibilidades de negócios é um alento às empresas com economia estabelecida e, ao mesmo tempo, uma porta de muitas possibilidades à inovação e criação de novos setores da indústria e da produção (RESEARCH, 2015).

Segundo a Research (2015), o maior obstáculo para 64% das indústrias alemãs pesquisadas, implantarem tecnologias de produção da Indústria 4.0, é a necessidade de investimento elevados. Enquanto 50% também vê a falta de normas como um grande impeditivo.

Mesmo assim, a Alemanha pretende aproveitar o inegável potencial da Indústria 4.0. Em comparação com concorrentes internacionais, os alemães estão

em uma posição especialmente favorável, porque foram os primeiros a tratar de maneira intensiva deste tópico, segundo o Professor Thomas Bauernhansl, que chefia o *Institute for Industrial Production and Factory Operation na Universidade de Stuttgart* e o Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation – IPA em Stuttgart. A Alemanha é uma das especialistas mundiais em sistemas mecatrônicos para produção em massa altamente flexível. Além disso, seu setor industrial, institutos de pesquisa e lideranças políticas trabalham em conjunto para maiores desenvolvimentos nos campos da tecnologia e da produção (SIEMENS, 2015).

O governo alemão incluiu o *Industrie 4.0* como um de seus dez projetos orientados ao futuro, no plano de ação para sua estratégia de alta tecnologia. A meta do país é ser o líder mundial de mercado e inovação (SIEMENS, 2015), por meio do incentivo ao uso de tecnologias produtivas que visam a diminuição de custos da manutenção, a otimização da produção, com máquinas que emitem seus próprios relatórios de funcionamento (SCHWAB, 2016).

Há, ainda, a possibilidade de redução de custos por meio da redução de funcionários, pois as máquinas realizarão atividades complexas, antes executadas exclusivamente por seres humanos, com baixa margem de erro e por maiores períodos de trabalho. Essa possibilidade, de massiva redução de empregos preocupa pesquisadores de diversas áreas, como o economista Carl Benedikt Frey e o especialista em aprendizagem automática Michael Osborne, que são pesquisadores da *Oxford Martin School* e avaliaram o potencial efeito da inovação tecnológica – fundamental na utilização de ferramentas da Indústria 4.0 – no desemprego no cenário americano. A pesquisa também pode ser observada pela ótica da produção industrial de modo geral, independentemente do objeto de estudo ter sido o meio industrial americano, pois as ferramentas tecnológicas relativas aos processos produtivos são globais.

Segundo a classificação elaborada pelos autores Frey e Osborne (2014), foram selecionadas 702 profissões de acordo com a probabilidade de sua automatização, desde as que correm menor risco de serem automatizadas, até as que correm maior risco do trabalho ser substituído por algum tipo de equipamento eletrônico. A Tabela 1 mostra as profissões mais prováveis de serem automatizadas (FREY; OSBORNE, 2014).

Tabela 1 - Exemplos de profissões mais propensa à automação

Probabilidade	Profissão
0,99	Operadores de telemarketing
0,99	Responsável por cálculos fiscais
0,98	Avaliadores de seguros, danos automobilísticos
0,98	Árbitros, juízes e outros profissionais desportivos
0,98	Secretários jurídicos
0,97	<i>Hosts e hostesses de restaurantes, lounges e cafés</i>
0,97	Corretores de imóveis
0,97	Mão de obra agrícola
0,94	Entregadores e empregadores

Fonte: Adaptado de Frey e Osborne (2014).

Dentro dessa perspectiva de diminuição do número de empregos com o aumento da inovação tecnológica, de acordo com a estimativa de Frey e Osborne (2014), apenas 0,5% da força de trabalho dos EUA está empregada em indústrias que não existiam na virada do século, uma percentagem muito menor do que os aproximadamente 8% novos postos de trabalho criados em novas indústrias durante a década de 1980 e os 4,5% de novos postos de trabalho criados durante a década de 1990. Ou seja, a medida que se aumentou a tecnologia houve uma redução na criação de novos postos de trabalho nos EUA.

A pesquisa concluiu que cerca de 47% do emprego total dos EUA está em risco, dada sua possibilidade de automatização, como mostrado anteriormente na Tabela 1, algo que poderá ocorrer em uma ou duas décadas, sendo caracterizado por uma destruição muito mais ampla de empregos e por um ritmo de alterações muito mais veloz do aquele ocorrido no mercado de trabalho pelas revoluções industriais anteriores (FREY; OSBORNE, 2014).

1.1 JUSTIFICATIVA

Observada a dinamicidade nas utilizações de processos de fabricação devido a irrefreáveis atualizações e mudanças tecnológicas, a equiparação das técnicas produtivas empregadas com as técnicas mais atuais se faz necessária às cadeias produtivas que visam manter-se eficaz e prolongadamente no mercado produtivo. Ativos informacionais, compostos por dados de boa qualidade e informação são essenciais para desenvolver, otimizar e implementar plano de gestão de ativos. Para tal, o conhecimento de um processo industrial com alto potencial revolucionário quanto a Indústria 4.0 é imprescindível. A possibilidade de analisar o que já foi feito em outras indústrias, possibilita a tomada de decisões estratégicas, evitando seus erros.

De acordo com Schwab (2016, p. 20), um dispositivo eletrônico simples como um *tablet*:

Possui a capacidade de processamento equivalente a 5 mil computadores desktop de 30 anos atrás, enquanto o custo de armazenamento das informações está se aproximando de zero. Armazenar 1 GB custa, em média, menos de US\$ 0,03 por ano atualmente, há 20 anos o valor era US\$ 10 mil.

Esse dado corrobora a premissa deste estudo, explicitando a potencialidade de avanço das tecnologias e suas transformações flexíveis de mercado.

1.2 OBJETIVO GERAL

Identificar os potenciais ganhos para a indústria com a implantação da Indústria 4.0.

1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Identificar as principais mudanças e tendências de transformação da produção industrial com a implantação da Indústria 4.0;

- b) Identificar a importância da ferramenta internet das coisas - IoT para a produção;
- c) Identificar como o BIG DATA influencia no armazenamento de dados e quais os desdobramentos dessa tecnologia para a manutenção e controle da produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora a globalização ofereça grandes oportunidades como o aumento da demanda mundial, melhores condições de aquisição e de produção, ela cria também alguns desafios para a indústria de forma geral. Por exemplo, as empresas devem aumentar constantemente a sua produtividade e flexibilidade, comercializar novos produtos e, ainda aumentar os níveis de desempenho e eficiência em ciclos cada vez menores, para suportar o aumento desta concorrência global (RUSSWURM, 2014).

O objetivo da Indústria 4.0 é explorar o potencial resultante do uso extensivo da internet das coisas - IoT, a integração de processos técnicos e processos de negócio, o mapeamento digital e a virtualização do mundo real, e também a oportunidade de criar produtos inteligentes (VDE, 2013).

Para Russwurm (2014, p.2), o uso inovador de processos totalmente digitalizados, *hardware* e *software* industrial com base em normas abertas, constituem a base tecnológica para evolução na indústria. Esta é a visão discutida na Indústria 4.0. Este conceito prevê uma rede global de tecnologia de produção distribuída com controladores incorporados nas linhas de produção.

O presente capítulo irá abranger, respectivamente, as referências bibliográficas dos temas BIG DATA, internet das coisas – IoT, sistemas ciber-físicos – SCF e impressão 3D.

2.1 BIG DATA

Devido a amplitude de significados que abrangem o termo BIG DATA ainda não existe um consenso comum em sua definição. Porém, BIG DATA pode ser resumidamente definido como o processamento (eficiente e escalável) analítico de grandes volumes de dados complexos produzidos por várias aplicações. Possui aplicações científicas e de engenharias, redes sociais, redes de sensores, dados de *Web Click*, dados médicos e biológicos, transações de comércio eletrônico e financeiros, entre inúmeras outras (CUZZOCREA; SONG; DAVIS, 2011).

Zikopoulos et al (2012) caracterizam o BIG DATA pela presença de quatro aspectos: volume, velocidade, variedade e veracidade. O volume refere-se, como o próprio nome sugere, a quantidade de dados provenientes não só de sistemas convencionais, como dados de indústrias e empresas, mas também de fontes como Facebook, Tweeter, You Tube, telefones celulares e similares que possuem dados disponíveis na internet, onde o volume desses dados dobra a cada 1,2 ano (GRANVILLE, 2014).

A velocidade diz respeito a rapidez que os dados podem ser capturados e processados. Um exemplo disso é o experimento conduzido pelo grupo de pesquisa do Prof. Alex Pentland, do MIT *Media Lab*: o grupo capturou dados relativos à localização de celulares de forma a inferir quantas pessoas colocaram seus carros nos estacionamentos de lojas do grupo americano Macy's no *Black Friday* de 2011 (data que marca o início da temporada de compras de Natal nos Estados Unidos); isso permitiu estimar com precisão as vendas dessas lojas antes mesmo que elas ocorressem, o que ocorreu foi a análise com grande velocidade de um volume alto de dados gerando vantagens competitivas às áreas comerciais e de *marketing* e a terceiros, como investidores em bolsas de valores (MCAFEE; BRYNJOLFSSON 2012).

A variedade de dados, por sua vez, consiste nas diversas fontes em que esses dados podem ser encontrados. O aspecto veracidade está relacionado ao fato de que os dados não são perfeitos, no sentido de que é preciso considerar qualidade dos dados para que gerem informações úteis e oportunas a quem os utiliza e também os custos para os tornar bons.

Alguns autores consideram ainda um quinto aspecto, a respeito do conceito de BIG DATA, como a validade dos dados, ou seja, a vida útil dos dados e o tempo em que os mesmos precisam ser mantidos (TAUBE, 2012).

Cearley (2013), realizou um estudo onde lista o BIG DATA como uma das 10 tendências de tecnologias estratégicas com o potencial de afetar a vida das pessoas e das empresas. Esta lista foi montada com base no potencial de cada tecnologia por serem altamente disruptivas ou por estarem na iminência de sofrer uma aceleração, mudança ou ponto de inflexão, tornando a tecnologia estratégica e aplicável a um amplo mercado nos próximos 2 anos.

No que se refere aos modelos de armazenamento de dados e tomada de decisão, as organizações filtram dados dos seus vários sistemas e após criar um *data warehouse* (que em português significa, literalmente, armazém de dados) que é um dispositivo de dados orientado a partir dos principais assuntos da empresa, que filtra os sem alterá-los posteriormente, integrando-os, não comprometendo o desempenho dos bancos de dados, pois não aplica as técnicas de mineração de dados em tempo real. Esse dispositivo *data warehouse* é usado para apoiar as decisões gerenciais (DATE, 2004). Na prática faz-se garimpagem em uma base de dados estática, que não reflete o momento, mas sim o contexto de horas, dias ou mesmo semanas atrás, nada é obtido em tempo real, há sempre um atraso nas tomadas de decisão, devido a demora da análise de dados.

Com ferramentas de análise de dados, que estão inclusas no escopo das tecnologias BIG DATA, como o *stream computing* da IBM, a análise de dados ocorre em tempo real, com uma corrente contínua de dados (*streaming data*), (TAURION, 2011). O aproveitamento do BIG DATA permitirá tomadas de decisão melhores e mais rápidas para uma ampla gama de indústrias e aplicações (SCHWAB, 2016).

Uma prova disso estão nos estudos conduzidos por McAfee e Brynjolfsson (2012) que concluíram que as empresas que efetivamente utilizam BIG DATA são 5% mais produtivas e 6% mais lucrativas que seus competidores – na atualidade esses números são um poderoso argumento em prol da utilização dessa abordagem.

2.2 INTERNET DAS COISAS – IOT

A internet das coisas – IoT, pode ser definida como uma infraestrutura de rede global dinâmica, baseada em protocolos de comunicação em que objetos/coisas físicos (as) e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, utilizando interfaces inteligentes e integradas às redes telemáticas (conjuntos de tecnologias da informação e da comunicação). As coisas/objetos tornam-se capazes de interagir e de se comunicar com o meio ambiente por meio do intercâmbio de dados. As coisas reagem de forma autônoma aos eventos do mundo real/físico e podem influenciá-los por processos sem

intervenção humana direta (CERP IOT – INTERNET OF THINGS EUROPEAN RESEARCH CLUSTER, 2009).

Atzori (2011) elabora um conceito que parece bastante amplo, para o autor, a ideia central da internet das coisas – IoT é a presença espalhada de várias coisas ou objetos, com endereços únicos, que podem interagir entre si e cooperar para atingir objetivos comuns.

Os principais componentes da internet das coisas – IoT, são: os próprios objetos físicos ou coisas, por exemplo, aparelhos eletrônicos, sensores, atuadores, computadores, celulares, televisores, ar condicionados, lâmpadas e diversos outros dispositivos utilizados nas indústrias.

Segundo Zambarda (2014), a internet das coisas – IoT se refere a uma revolução tecnológica que possui a capacidade de conectar equipamentos físicos à Internet e a outros dispositivos, como computadores e *smartphones*, usados como central de monitoramento.

A previsão do especialista Ashton (2015), é que o uso de tecnologias como a internet das coisas – IoT, que está incluída no escopo da Indústria 4.0, possibilitará uma revolução maior do que o próprio desenvolvimento do mundo online que conhecemos hoje. Em 2015, por exemplo, de acordo com a BMW, 8% dos carros em todo o mundo, ou seja, 84 milhões, já estavam conectados à internet de alguma forma, e estima-se que esse número crescerá para 22%, ou seja, 290 milhões de carros até 2020 (SCHWAB, 2016).

A conexão de sensores aos objetos, tornando-os assim objetos inteligentes, podendo ter suas informações de contexto capturadas, fornecendo dados que possibilitam adaptações e decisões em tempo real, além de permitirem a execução de processos de negócio serão de grandes benefícios à gestão da cadeia de suprimentos, promovidos pela utilização da internet das coisas – IoT. Por isso a internet das coisas – IoT, pode ser entendida como uma vantagem competitiva, uma vez que as informações geradas pelos componentes integrados à IoT podem ser utilizadas na otimização de processos em tempo real monitorando as alterações do ambiente produtivo (FERREIRA; MARTINHO; DOMINGOS, 2010).

Graças à utilização internet das coisas – IoT é possível rastrear materiais e fluxos de energia, a fim de alcançar novas e grandes eficiências ao longo de toda a cadeia de valor. Dos US\$ 14,4 trilhões em vantagens econômicas que a Cisco

estima que serão gerados pela IoT na próxima década, US\$ 2,7 trilhões desse valor podem ser adquiridos a partir da eliminação do lixo e da melhoria dos processos nas cadeias de fornecimento e logística (GeSI SMARTer, 2012).

A importância da internet das coisas – IoT vem adquirindo muita relevância para a gestão de ativos, onde, cerca de 80% dos ativos industriais atualmente estão conectados ao sistema da internet das coisas. Ativos mais conectados podem gerar mais dados que podem ser utilizados para melhorar a gestão e os serviços prestados por qualquer empresa (SAS, 2013).

2.3 SISTEMAS CIBER-FÍSICOS – SCF

Às integrações da computação com os processos físicos dá-se o nome de sistemas ciber-físicos – SCF, onde computadores e redes de monitoramento se incorporam para o controle de processos (LEE, 2006). São a base para uma maior flexibilidade e menores tempos de produção. Estes sistemas podem ser facilmente integradas nos processos de produção existentes em indústrias.

Para Blanchet et al. (2014) na Indústria 4.0, robôs e seres humanos vão trabalhar lado a lado com a utilização de sensores inteligentes e interfaces homem-máquina. Para o autor, o uso de robôs está se ampliando e poderá incluir várias funções: produção, logística e gestão de escritório. Todas estas funções podem ser controladas de forma remota, assim a produção com máquinas interconectadas se torna mais contínua, uma máquina é imediatamente informada quando uma parte de um produto é produzida em outra máquina, bem como o transportador. As plantas também interligam-se a fim de ajustar os programas de produção entre si e assim otimizar a capacidade produtiva de uma maneira eficaz.

Os sistemas de produção em rede, participam tanto das etapas de processos individuais, como nos processos de administração empresariais. O resultado global é um sistema que compreende não só o desenvolvimento de produtos ou das instalações de produção, mas também a própria produção, onde os processos de pedidos, vendas, logística, serviços e a gestão empresarial são igualmente integrados (RUSSWURM, 2014). No conceito de Indústria 4.0, os produtos possuem todas as informações que são necessárias para fabricá-los, eles podem ser identificados e localizados em uma rede de sistemas ciber-físicos – SCF onde cada

produto contém seu histórico produtivo, sua condição atual e formas alternativas para alcançar sua condição de destino. Isso resulta de uma rede de máquinas, sistemas de armazenamento e recursos que trocam informações em tempo real (RUSSWURM, 2014).

Isso significa que os produtos passam a ser incorporados em um processo inteligente e, em casos extremos, controlam não apenas o seu próprio caminho logístico através da produção, mas sim todo o fluxo de trabalho de produção que diz respeito (VDE, 2013).

Neste ambiente os produtos, transportadoras ou ferramentas de intercomunicação podem se comunicar com a ajuda de sensores e chips de identificação por rádio frequência – RFID (que é uma tecnologia que utiliza as ondas de rádio para armazenamento e recebimento de dados de um chip de identificação), com o intuito de aperfeiçoar a produção, mesmo além das fronteiras das empresas (RUSSWURM, 2014).

A tecnologia de rádio de curto alcance, que pode ser resumida em identificação por rádio frequência – RFID, é utilizada para comunicar informações digitais, principalmente, entre objetos fixos e móveis através de uma etiqueta ou chip de identificação (LANDT, 2005).

O sistema de identificação por rádio frequência – RFID pode transferir os dados de uma etiqueta eletrônica para o leitor. Os leitores leem memória interna de dados armazenados na etiqueta e alteram a carga sobre a antena de marcação de uma maneira codificada que corresponde aos dados armazenados. O funcionamento da tecnologia RFID é ilustrado na Figura 1.

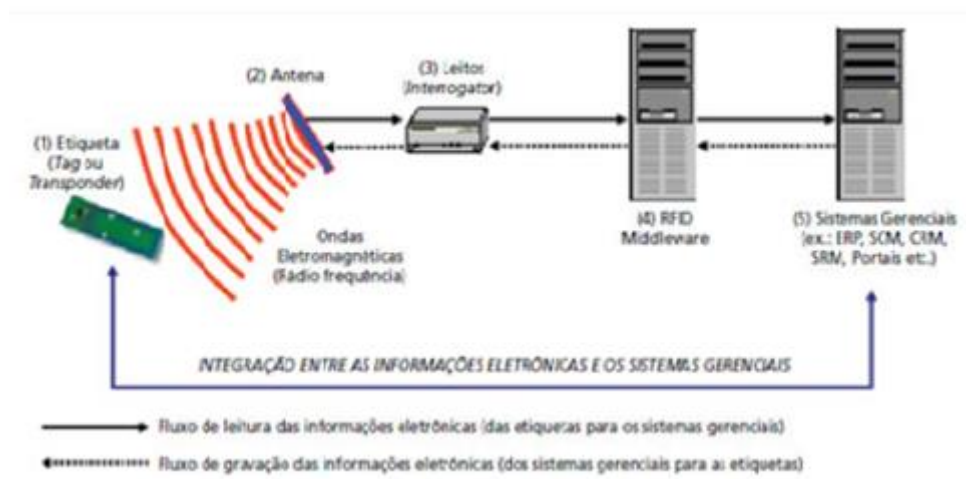


Figura 1 - Sistema de identificação por rádio frequência (RFID)
 Fonte: Pedroso; Zwicker e Souza (2009).

Com o aparecimento de novas tecnologias, como é o caso do RFID, aplicado em sistemas ciber-físicos – SCF, aumenta a complexidade dos processos produtivos, aumentando também as exigências de qualidade e flexibilidade dos ambientes industriais para que se mantem competitivos no mercado (VDE, 2013).

Levando em conta o que foi afirmado acima, pode-se observar que com o aumento da complexidade gerado por sistemas ciber-físicos as empresas precisarão investir em sistemas cibernéticos de segurança de dados para evitar a interrupção direta, causada por criminosos e falhas não intencionais da infraestrutura digital (SCHWAB, 2016).

As estimativas do custo total anual aos negócios causado por ciberataques, estão na ordem de grandeza de US\$ 500 bilhões. As experiências de empresas como a Sony Pictures, TalkTalk, Target e Barclays indicam que a perda do controle de dados corporativos sensíveis e dados sobre os clientes tem um enorme efeito negativo sobre os preços de suas ações. Isso explica porque o Banco Merrill Lynch estima que o mercado de cibersegurança irá mais que dobrar de aproximadamente US\$ 75 bilhões em 2015 para US\$ 170 bilhões até 2020, implicando uma taxa de crescimento anual de mais de 15% para essa indústria nos próximos cinco anos (TURNER, 2015).

2.4 IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D é a técnica de construir sólidos tridimensionais, camada por camada, umas sobre as outras, até formar o objeto. Essa técnica também é chamada de manufatura aditiva, pois a matéria-prima vai sendo adicionada gradualmente até concluir a construção de um objeto. Este método se difere dos processos de usinagem, onde máquinas controladas computacionalmente vão esculpindo e cortando blocos de matéria-prima como plásticos, madeiras e metais, até que se forme o objeto. Por essa diferença, a impressão 3D propicia economia de material em relação à usinagem (WOHLERS, 2012).

O uso da tecnologia 3D na indústria é mais economicamente aplicável em *designs* complexos e alta personalização. No que se refere a impressão 3D é vantajosa financeiramente se o volume de produção estiver entre 50 e 5000 unidades (SEDACCA, 2011).

Na indústria aeroespacial a impressão 3D é usada na impressão de protótipos (KROLL; ARTZI, 2011), impressão de peças e ferramentas (FREEMAN, 2012).

A impressão 3D para o setor industrial, já está sendo oferecida ao mercado há mais de 20 anos (JONG; BRUIJN, 2012), e continua aumentando cada vez mais, como mostra pesquisa realizada pela Sculpteo, que é líder global em fabricação digital e fornece serviços profissionais de impressão 3D. Os resultados mostram que os entrevistados estão considerando aumentar seus gastos em impressão 3D em 50%. Foram pesquisadas mais de 1000 pessoas; 68% afirmaram que iriam aumentar seus gastos com a impressão 3D naquele mesmo ano da pesquisa, que foi realizada em 2015 (HEDSTROM, 2015).

A trajetória ascendente das vendas globais de impressoras 3D industriais de 1988 até 2010 é demonstrada pela Figura 2 (WOHLERS, 2012).

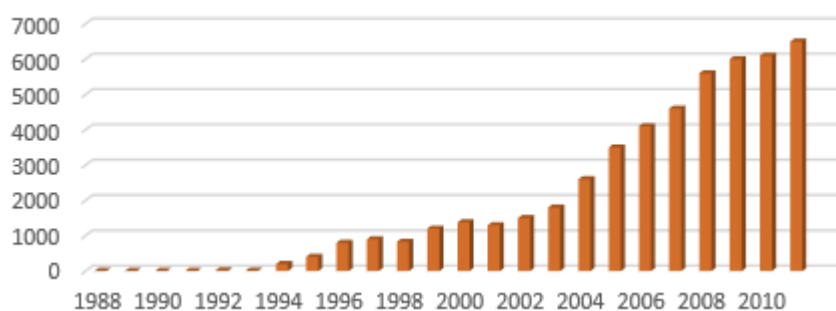


Figura 2 – Impressoras 3D Profissionais vendidas
Fonte: Adaptado de Wohlers (2012).

Dados mais recentes mostram que quase 133 mil impressoras 3D foram vendidas no mundo, em 2014, um aumento de 68% desde 2013. A maioria das impressoras vendidas custavam menos de US\$ 10.000 e eram, portanto, adequadas para a utilização em laboratórios, escolas, pequenas empresas de manufatura etc. Como resultado, o tamanho da indústria de materiais e serviços em 3D cresceu fortemente, para US\$ 3,3 bilhões (HALTERMAN, 2014).

Com a fabricação ativa será possível obter vantagens na personalização dos produtos, garantindo um aumento na flexibilidade da produção. Maior crescimento da impressão em 3D nas áreas em que os clientes possuem necessidades ligeiramente diferentes de um produto – por exemplo, os pés, com determinada forma, precisam de sapatos com tamanhos específicos.

Há também a possibilidade de redução dos custos com logística, gerando enormes economias (BELLEMO, 2015).

3 METODOLOGIA

Foi realizado um breve levantamento bibliográfico de dados de empresas que implantaram as tecnologias da Indústria 4.0.

Foi utilizada a coleta de dados por meio de relatórios e documentos, considerando o cunho qualitativo dessa pesquisa, que não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc (GOLDENBERG, 1997, p. 34).

Foi empregada a análise de conteúdo, que segundo OLABUENAGA e ISPIZÚA (1989), é uma técnica para ler e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos, que analisados adequadamente nos abrem as portas ao conhecimento de aspectos e fenômenos da vida social de outro modo inacessíveis. A matéria-prima da análise de conteúdo pode constituir-se de qualquer material oriundo de comunicação verbal ou não-verbal, como cartas, cartazes, jornais, revistas, informes, livros, relatos auto-biográficos, discos, gravações, entrevistas, diários pessoais, filmes, fotografias, vídeos, etc. Contudo os dados advindos dessas diversificadas fontes chegam ao investigador em estado bruto, necessitando, então ser processados para, dessa maneira, facilitar o trabalho de compreensão, interpretação e inferência, buscando, assim, tecer um significado inteligível entre os dados coletados e o método de produção da Indústria 4.0.

Vergara (2007) apresenta os tipos de pesquisa, que podem ser definidas por dois critérios básicos: quanto aos fins e quanto aos meios. Embasado em tais apresentações desse autor, quanto aos fins, esta pesquisa é:

Exploratória: pois esta é realizada em áreas de pouco conhecimento sistematizado, assim sendo não comporta hipóteses na sua fase inicial, porém no decorrer da pesquisa estas poderão surgir naturalmente.

Quanto aos meios de investigação, a presente pesquisa é:

Bibliográfica: realizada com base em material publicado em livros, jornais, revistas, sites na internet, e que sejam disponibilizados ao público em geral.

4 RESULTADOS

4.1 INDÚSTRIA BRASILEIRA: ANÁLISE

Em pesquisa realizada em uma unidade produtiva de uma empresa fabricante exclusiva de calçados femininos, que produzia cerca de 25 mil pares de calçados por dia, contando com aproximadamente 900 colaboradores e sua linha montagem era composta por nove linhas de produção, situada no Rio Grande do Sul, com a prerrogativa da redução de custos, a empresa em questão realizou um projeto de automação na empresa, focando em dois processos primordiais em uma de suas linhas de produção. Tais processos são a asperação, que é a remoção mecânica da camada superficial do laminado sintético e também o processo da aplicação de adesivo no cabedal e no solado (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

A Figura 3, a seguir, mostra os níveis da produção e retrabalhos da Linha 2 (manual), realizada durante o mês de abril de 2015, considerando 22 dias úteis de trabalho.

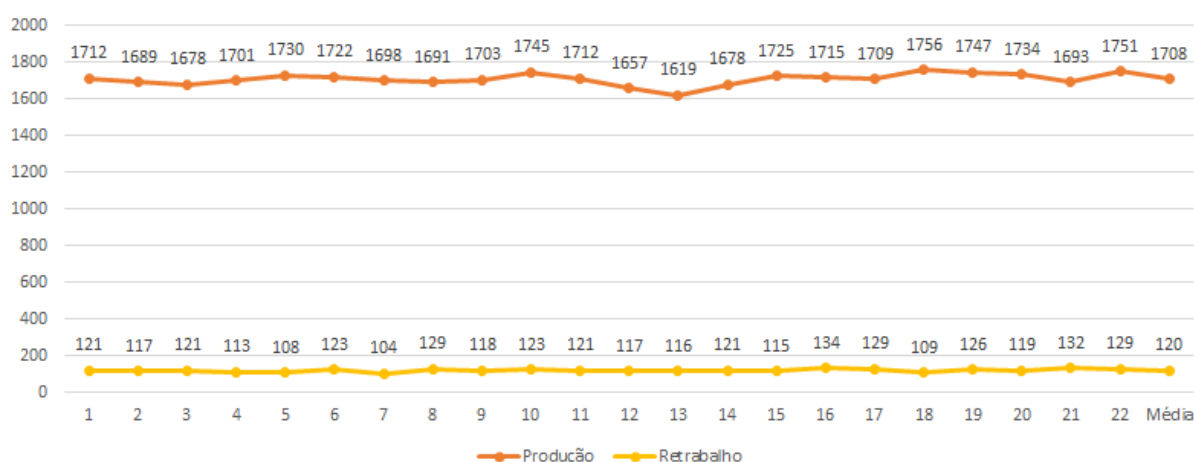


Figura 3 – Produção e retrabalho na Linha 2
Fonte: Adaptado de Schröder; Nunes; Viero (2015).

Verificou-se na Figura 3 uma estabilidade da produção na Linha 2 (manual), durante o mês avaliado, com um média de 1708 pares de sapato produzidos por dia,

com média de 120 pares retrabalhados por dia. Os retrabalhos necessitaram da mão de obra de dois colaboradores (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Retrabalhos são repetições de atividades ocasionadas por problemas ligados a falhas de mão de obra, material, problemas de projeto ou problemas de operação (CIMM, 2013).

Observando a Figura 4, pode-se perceber que do total de 37.565 pares de sapato produzidos na Linha 2 (manual), 2.645 pares necessitaram de retrabalho, ou seja, 7,04%.

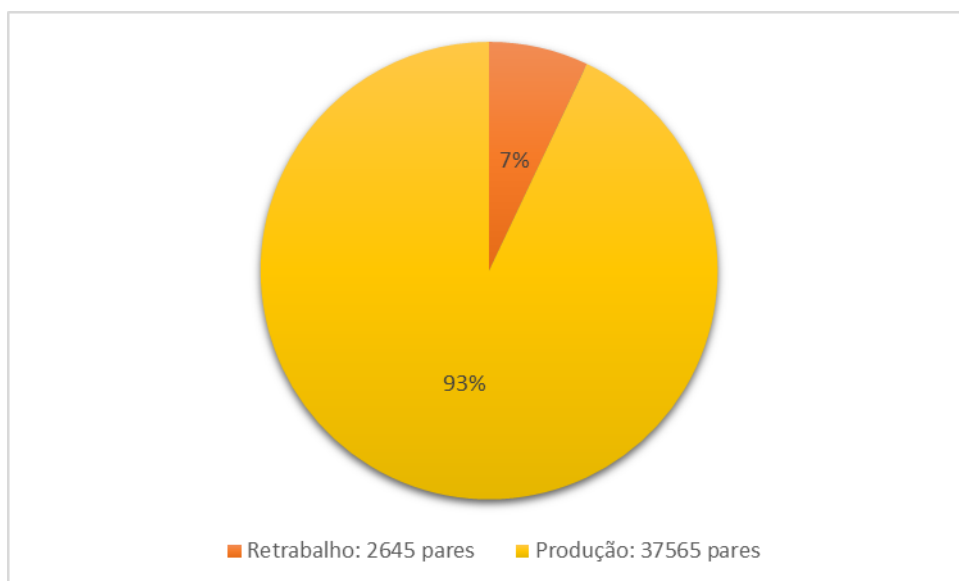


Figura 4 – Percentual de produção e retrabalho da Linha 2
Fonte: Adaptado de Schröder; Nunes; Viero (2015).

Tendo em vista esta análise, observa-se na Figura 5, que a média diária de produção por operador são de 213 pares. E a média total de produção na Linha 2, com 22 operadores são de 78 pares ao dia por operador. A partir destes dados é possível realizar o comparativo com a Linha automatizado.

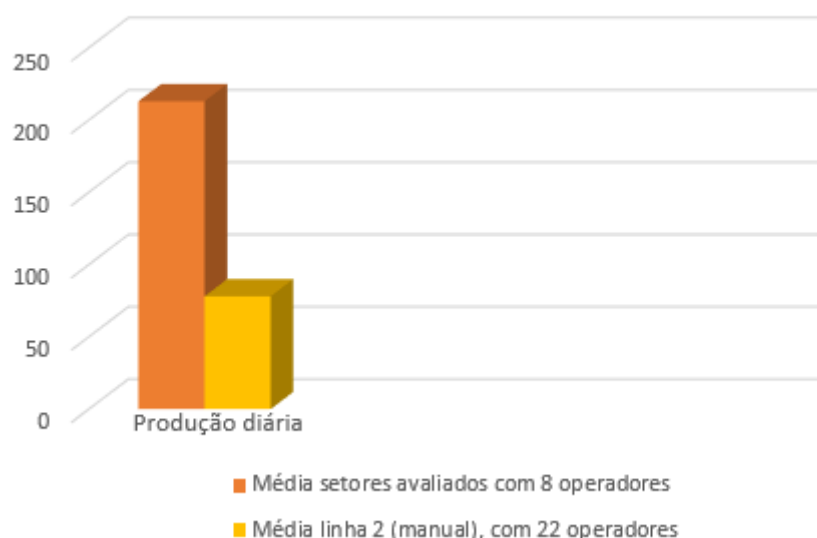


Figura 5 – Média de produção por operador na Linha 2
Fonte: Adaptado de Schröder; Nunes; Viero (2015).

Devido à dificuldade em contratar operadores qualificados a empresa resolveu investir em uma linha com operações automatizadas, e assim substituir a força de trabalho braçal; por isso realizou-se a implantação da automação para a asperação e aplicação de adesivo no cabedal. Esta automação foi desenvolvida por uma empresa italiana, com representação no Brasil; o projeto se baseia em tecnologias presentes em países europeus, mas pioneira no setor calçadista brasileiro (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Segundo Schröder, Nunes e Viero (2015, p. 18):

Na linha de montagem de calçados automatizada, desde o seu início até as operações em que são utilizados os robôs, que são a asperação e aplicação de adesivo no cabedal, os processos são os mesmos da produção manual. Porém, todo o calçado que entra na linha é monitorado via RFID através de chips instalados nas formas em que os calçados são movimentados, estes chips são lidos por sensores instalados ao decorrer da linha. Com esta identificação, os calçados são monitorados em todas as operações, sendo possível o controle de velocidade da linha, bem como os gargalos que surgem de acordo com o modelo produzido, pois cada processo executado possui tempo controlado através das leituras via RFID.

A Figura 6, mostra como fica o fluxo de produção da Linha Automatizada:

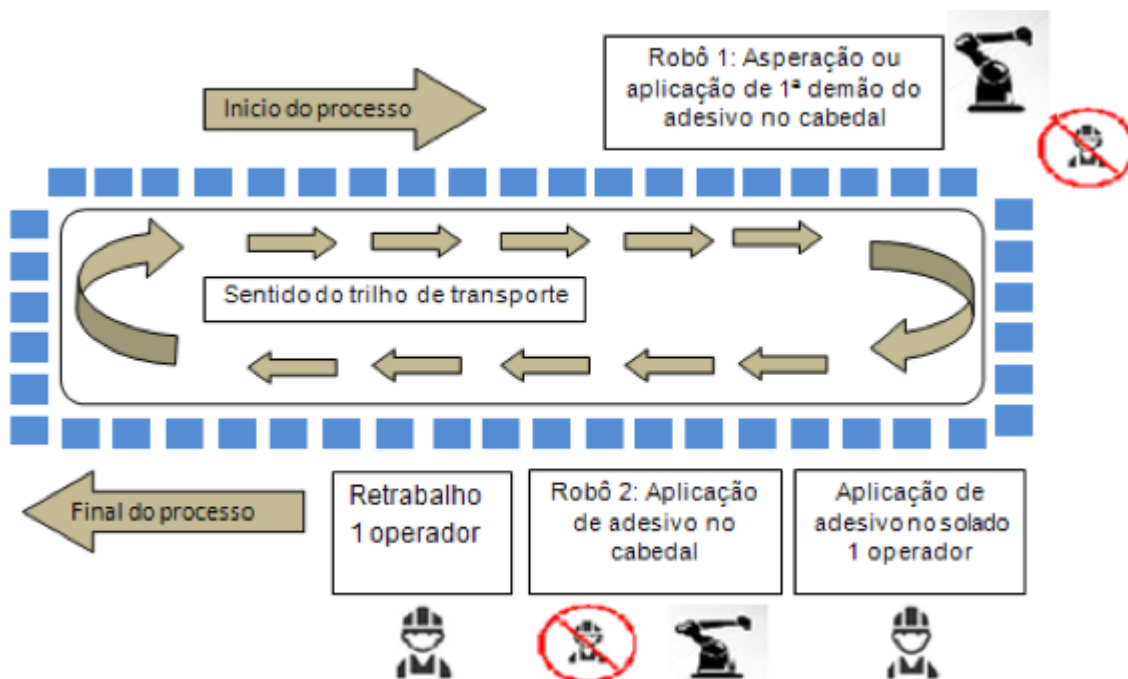


Figura 6 – Operações de montagem na Linha Automatizada
 Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

As etapas de operação de montagem na Linha Automatizada são realizadas da seguinte forma: é efetuada a leitura do chip via RFID, antes de ingressar na área de trabalho do robô, é feita a verificação do modelo que se refere aquela forma e qual processo deverá ser executado, se o de asperção ou a aplicação da primeira demão adesiva. Se o processo for distinto do que está em andamento na linha o próprio robô troca seu ferramental com muita rapidez sem causar parada na produção, a partir da informação coletada via RFID, sem a necessidade de um controle humano, esta troca é realizada poucas vezes ao dia, pois os lotes de produção são grandes. Após estes processos são inspecionados, e quando necessário, são submetidos ao retrabalho, operação é realizada por um operador, situação que só é possível pelo baixo número de retrabalhos na linha, devido ao baixíssimo desvio de qualidade na execução das atividades pelos robôs (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Portanto, verifica-se o modelo de automação flexível, onde é possível produzir uma variedade de peças ou produtos quase sem perda de tempo e com modificações de um modelo de peça para outro (GROVER, 2011).

Os autores da pesquisa Schröder; Nunes; Viero, (2015), apresentam na Figura 7, a produção diária e o número de pares que foram retrabalhados, durante o período de pesquisa.

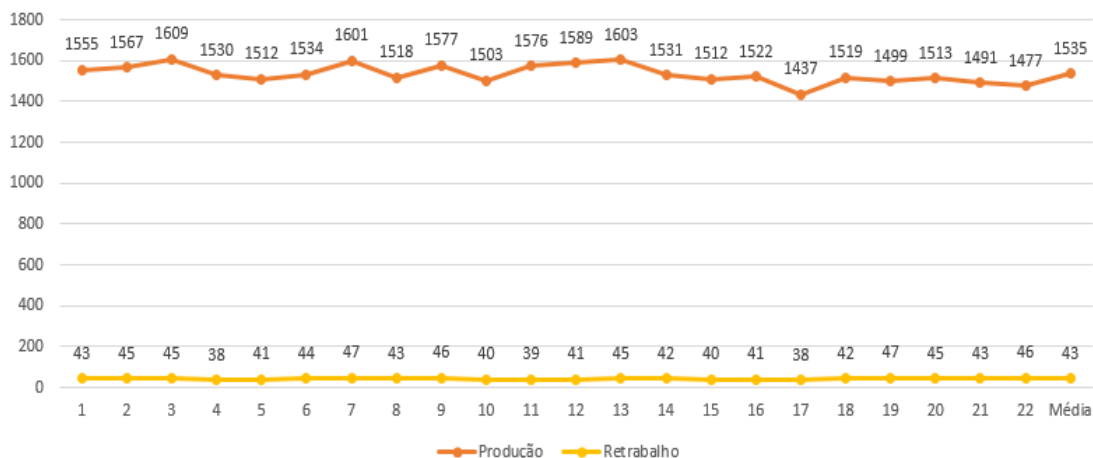


Figura 7 – Produção e retrabalho na Linha Automatizada
Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

Os números de produção e retrabalho na Linha Automatizada mostrados na Figura 7, durante o mês de abril de 2015, há uma regularidade na produção com uma média de 1535 pares produzidos por dia. O número de retrabalhos médio foi de 43 pares por dia. É necessário um operador humano para realizar os retrabalhos na Linha Automatizada.

A partir destes dados, desenvolve-se um gráfico para a visualização do percentual do retrabalho em relação à produção na Linha Automatizada no período avaliado, conforme ilustra a Figura 8 (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

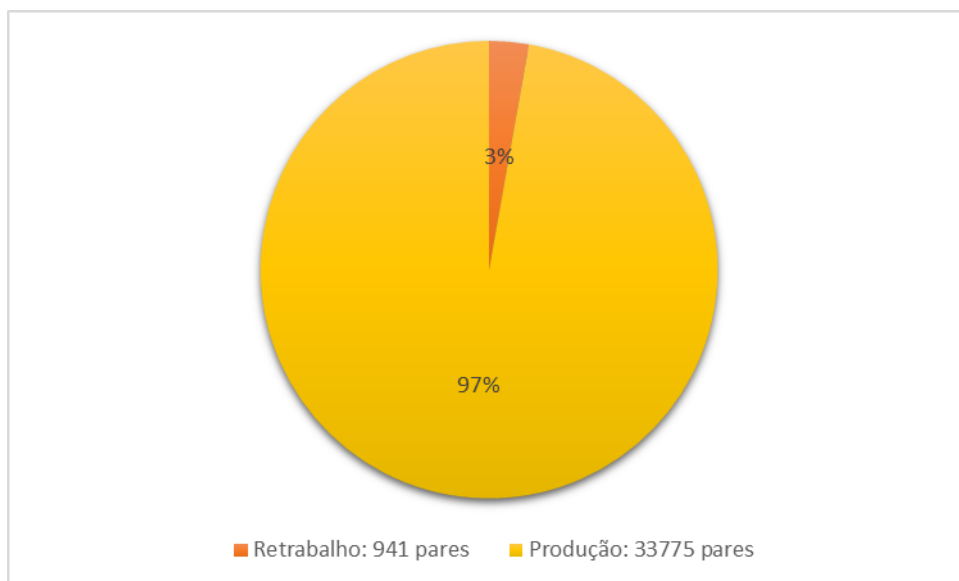


Figura 8 – Percentual de produção e retrabalho da Linha Automatizada
Fonte: Adaptado de Schröder; Nunes; Viero (2015).

Foram identificados 941 pares em que foram necessárias intervenções de retrabalho, de um total de 33.775 pares de sapatos produzidos, no período de análise, ou seja, 2,79% da produção total de calçados desse período, produzidos na Linha Automatizada, demandaram retrabalho.

Com os dados da produção, foi possível realizar a análise da média diária da produção por operador na Linha Automatizada, conforme ilustra a Figura 9 (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

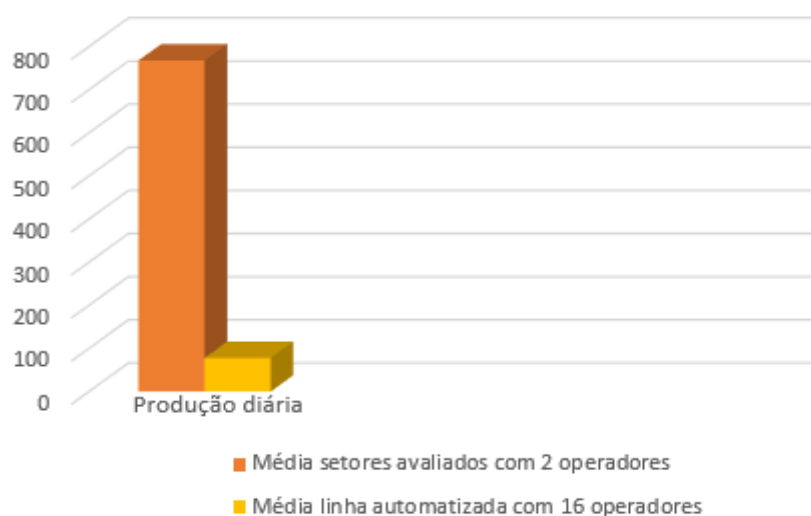


Figura 9 – Média da produção por operador na Linha Automatizada

Fonte: Schröder; Nunes; Viero (2015).

A média de produção diária dos setores de asperação, aplicação de adesivos e retrabalho na Linha Automatizada, com dois operadores, foi em 768 pares por operador. E em toda a Linha Automatizada foi de 96 pares ao dia por operador, utilizando um total de 16 operadores.

Após as análises dos dados obtidos pela pesquisa Schröder, Nunes e Viero (2015), realizaram a comparações entre as linhas de produção Manual e a Automatizada.

Verificou-se que a Linha 2 (manual), teve um maior volume produzido em relação à Linha Automatizada, cerca de 11,40%.

Porém, a Linha Automatizada obteve um índice de produtividade 260,56% maior que a Linha 2 (manual). A Linha Automatizada apresentou um índice de 2,79% de retrabalho, com apenas dois trabalhadores na linha, enquanto a Linha 2 (manual) apresentou um índice de retrabalho de 7,04% com 8 trabalhadores na linha. Houve uma redução de 60,35% do número de retrabalhos realizados no período da pesquisa (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Além do expressivo aumento da produtividade por operador, verificou-se também, o aumento da qualidade nos calçados da Linha Automatizada, e isso está diretamente ligado ao fato de operadores e robôs trabalharem juntos, dividindo a mesma linha de produção, assim como na Indústria 4.0, onde robôs e seres humanos trabalham lado a lado (BLANCHET et al. 2014), utilizando-se sensores RFID, com o intuito de aperfeiçoar ainda mais a produção (RUSSWURM, 2014).

Há também que se observar, que dentre os benefícios obtidos pela automatização da linha, nota-se que houve uma redução do número necessário de operadores humanos. Devido ao objetivo do estudo dos autores Schröder, Nunes e Viero (2015), não foi pertinente explicitar quais foram as medidas tomadas com os trabalhadores que não são mais necessários à Linha Automatizada, que foi reduzido em 25% na média dos setores avaliados. Mas a esse trabalho a questão é relevante, pois dentro dos resultados a implantação da Indústria 4.0, o desemprego causado pela automatização é um fator de relevância.

Um censo econômico dos EUA, que esclarece uma interessante relação entre tecnologia e desemprego, mostra que as inovações em tecnologias da informação e

a automatização tendem a elevar a produtividade por meio da substituição dos trabalhadores existentes, como foi já demonstrado na pesquisa realizada por Schröder, Nunes e Viero (2015). Porém, esse aumento da produtividade não ocorre por intermédio da criação de novos produtos que necessitam de mais trabalho humano para serem produzidos (SCHWAB, 2016).

Na Tabela 2, no que tange à Indústria 4.0, ocorre a adesão junto ao processo fabril, de sensores RFID, que conectam as operações através de suas informações, fazendo com que os robôs recebam, interpretem e realizem as operações constantes no roteiro do processo, sem a intervenção humana, através da conectividade entre máquina, processo e produto (SCHRÖDER; NUNES; VIERO, 2015).

Tabela 2 – Comparativo dos conceitos com os achados de pesquisa

Pontos importantes encontrados	Indústria 4.0	Empresa
Redução de operadores	Sim	Sim
Aumento da produtividade	Sim	Sim
Sistemas ciber-físicos	Sim	Sim
Identificação por rádio frequência - RFID	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de Schröder; Nunes; Viero (2015).

4.2 INDÚSTRIAS INTERNACIONAIS

Na pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, foi possível observar diversos casos onde a implantação de tecnologias contidas no conceito de Indústria 4.0 beneficiam as indústrias de atuação em diferentes países que as utilizam.

A indústria alemã Siemens desenvolveu *software* de simulação para a usinagem de peças usando dados da máquina física. Com isso foi possível reduzir o tempo de preparação para o processo de usinagem real em até 80% (BCG PERSPECTIVES, 2015). Reduções expressivas de tempo, como essa apresentada, possibilitam uma maior efetividade na produção e conseqüentemente maior lucratividade através da redução do tempo de produção.

A fornecedora de sistemas de controle Bosch Rexroth, equipou uma unidade de produção de válvulas com um processo semi-automatizado, onde os produtos são identificados por códigos de identificação por rádio frequência – RFID e as estações de trabalho passam a ter as informações de quais etapas de fabricação devem ser realizadas para cada produto e podem se adaptar para executar a operação específica (BCG PERSPECTIVES, 2015). Ou seja, há a interação de vários produtos (objetos/coisas) em redes de monitoramento que se incorporam para o controle de processos, sistemas ciber-físicos – SCF (LEE, 2006).

Esses elementos compõem o conceito de internet das coisas – IoT, que é utilizada na Indústria 4.0 (ATZORI, 2011).

Outro caso de indústria que também utiliza a internet das coisas – IoT em seus processos, é o caso da Eaton *Corporation*, que por meio de sensores alocados em mangueiras de alta pressão percebem quando a mangueira está a ponto de rasgar-se, isso ajuda na prevenção de acidentes perigosos e promove a economia com os altos custos do tempo de inatividade das máquinas que utilizam as mangueiras como componente principal (The Internet of Things: the Opportunities and Challenges of Interconnectedness, 2014).

Com a utilização da internet das coisas – IoT o número de dados produzidos diariamente é altíssimo. O volume alto de dados por se tornar uma barreira para o processo de análise de dados.

Em um levantamento realizado pela Siemens (2015), foi observado que cerca de 280.000 sistemas em todo o mundo – incluindo, desde turbinas a gás até sistemas de gestão de trânsito de 255 cidades – estão conectados à plataforma de serviços remotos da Siemens, isso gera um fluxo gigantesco de dados para serem analisados. Segundo Zikopoulos et al. (2012), a grande quantidade de dados presentes num sistema são um dos quatro aspectos que caracterizam o BIG DATA, os outros aspectos são velocidade, variedade e veracidade. Para conseguir analisar seu grande volume de dados, a Siemens criou o *Smart data*, um *software* de análise de dados, que combina análise de dados com conhecimento de usuários, dispositivos e sistemas – expertise técnica – e percepções para atender os requisitos de todas as partes presentes em sua plataforma. O *Smart data* é usado no monitoramento operacional, para eliminar erros e prevenir defeitos.

O maior acelerador de partículas do mundo, o *Large Hadron Collider* – LHC, operado pela Organização Europeia para Pesquisa Nuclear – CERN, que possui aproximadamente 30 milhões de sensores e gera mais de 300 *terabytes* de dados por ano. Os especialistas que operam esse equipamento, na ocorrência de um defeito, levavam até duas semanas para analisar os dados e apontar a origem desse defeito. Com o uso do *Smart data* na realização da análise de dados esse tempo caiu de até duas semanas para apenas 30 min (SIEMENS, 2015).

A Siemens (2015), afirmou em seu relatório *Future of Manufacturing From Modeling New Perspectives*, que produz, em uma de suas instalações, 12 milhões de componentes para a tecnologia de controle industrial. Devido ao alto grau de automação da indústria, que utiliza as tecnologias da Indústria 4.0, somente os serviços de configuração e reparo são realizados manualmente. Isso torna possível um nível de qualidade de 99,9988%.

A empresa americana Sears, Roebuck and Company, enfrentava problemas com o crescimento do volume de dados. Em uma de suas ações de mercado, que consiste em desenvolver promoções personalizadas para seus clientes, o procedimento de analisar o gigantesco volume de informações levava cerca de oito semanas, o que tornava, muitas vezes, as promoções ineficientes e obsoletas. Então, a empresa implantou tecnologias de BIG DATA em seu processo, promovendo a unificação das bases de dados, num único e amplo sistema. O resultado dessa aplicação foi a redução do tempo exigido na análise de dados de 8 semanas para uma semana, possibilitando uma atuação mais eficiente de suas promoções e uma maior flexibilidade no desenvolvimento de novas promoções personalizadas (MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012).

A Siemens, faz uso de tecnologias como a realidade aumentada para capacitar seus funcionários. A empresa desenvolveu um módulo de treinamento de operador virtual para seu *software* Comos, onde há uma interface realista do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular objetos reais e virtuais (KIRNER; SISCOOTTO, 2007). Os operadores utilizam óculos de realidade aumentada para visualizar essa interface e interagir com ela, eles aprendem a comandar as máquinas e equipamentos manipulando ciber-representações. Eles também podem alterar parâmetros e recuperar dados operacionais e instruções de manutenção, permitindo um treinamento eficaz, pois os funcionários podem ser

treinados para problemas operacionais específicos da empresa (BCG PERSPECTIVES, 2015).

O treinamento também se torna mais seguro, pois afasta os funcionários treinados de riscos físicos e ainda assegura que os equipamentos físicos da empresa, (que seriam utilizados em um treinamento convencional, se a presença não fizesse uso da tecnologia da realidade aumentada), não se danifiquem, caso ocorra o uso inadequado de suas funções, pelos funcionários em treinamento.

A empresa americana General Electric – GE, produziu o primeiro motor de jato, o LEAP, do mundo que possui injetores de combustível impressos em 3D. Os motores LEAP – 1B foram usados no Boeing 737 MAX. Até julho de 2016, cerca de 62 linhas áreas haviam encomendado 6.144 motores LEAP – 1B. Os pedidos são avaliados em mais de US\$ 85 milhões (GE REPOSRTS BRASIL, 2016).

A utilização da tecnologia de impressão 3D na fabricação de protótipos e modelos, proporciona agilidade e flexibilidade ao testar quaisquer mudanças em modelos, diminuindo a exposição das informações do novo produto, já que o modelo pode ser impresso na própria empresa sem a necessidade de enviar as alterações a uma empresa especializada em prototipagem. É o que ocorre na indústria automobilística atualmente, a impressão 3D é usada na prototipagem rápida de peças, desenvolvimento de ferramentas personalizadas e impressão de peças funcionais em pequenas quantidades (SCOTT, 2015).

O uso de moldes impressos tridimensionalmente – ABS, em modelos plásticos, apresenta um grande potencial de redução de custos diretos, financeiros (MARQUES et al, 2013). Como mostra a Figura 10.

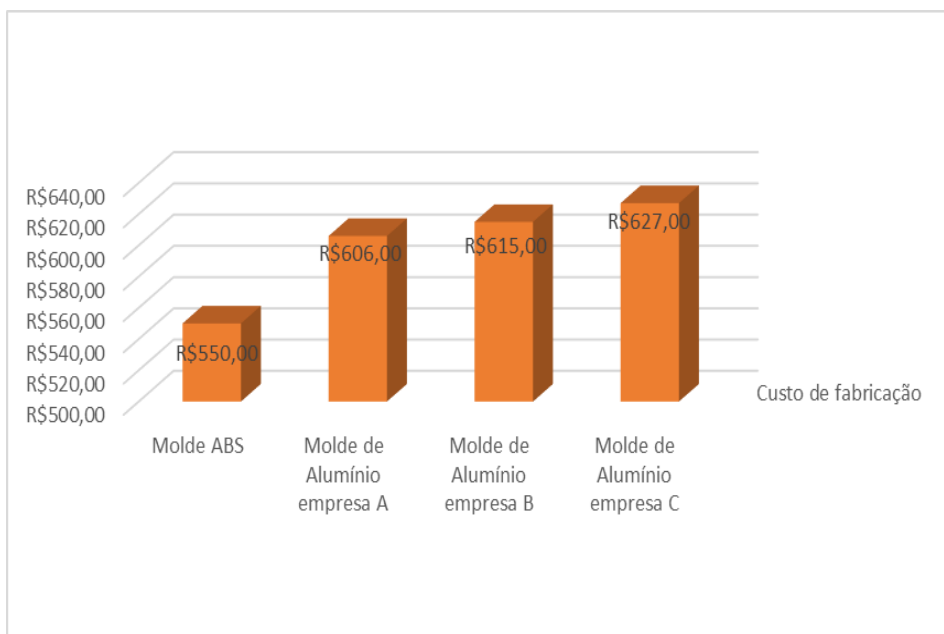


Figura 10 - Custo de prototipagem em ABS vs convencional
Fonte: Adaptado de Marques et al. (2013)

E também há a redução de custos indiretos, que são prazos envolvidos na fabricação de um molde, como mostra a Figura 11.

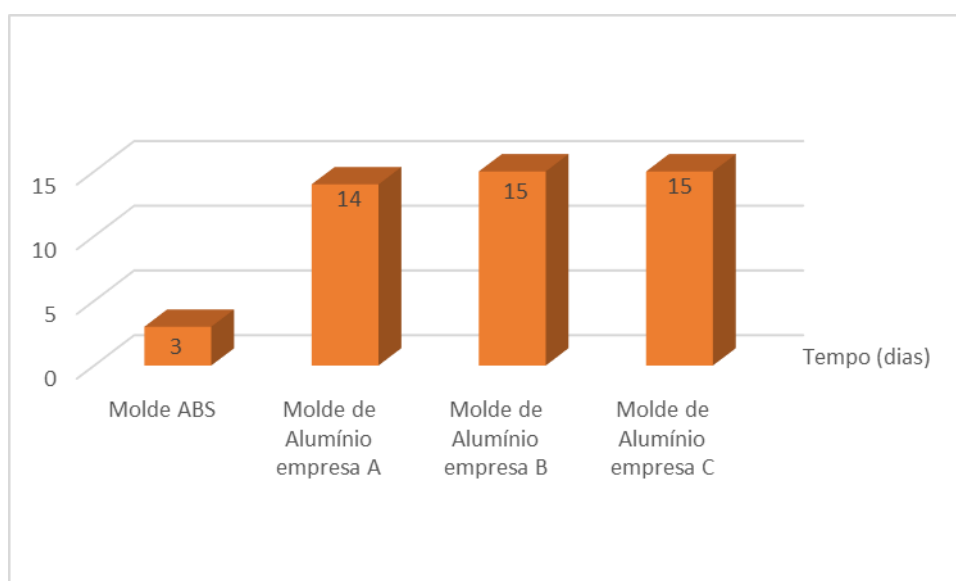


Figura 11 - Tempo de prototipagem em ABS vs convencional
Fonte: Adaptado de Marques et al. (2013)

Com a redução dos tempos de fabricação e dos custos dos moldes o processo de desenvolvimento fica mais flexível e adaptável, pois os modelos em plástico são impressos, testados, adaptados ou redesenhados dentro do próprio ambiente da empresa desenvolvedora (MARQUES et al, 2013). Esta agilidade pode

favorecer e até acelerar a incorporação do aprendizado da empresa no desenvolvimento de produtos.

4.3 CENÁRIO BRASILEIRO

Como foi pretendido demonstrar até o presente momento, com os dados citados anteriormente, a implantação e implementação de tecnologias da Indústria 4.0, têm potencial de melhoria da produtividade nas indústrias. Contudo, não são, ainda, todas as empresas que possuem a visão holística da magnitude dessas transformações produtivas. Partindo dessa premissa, foi demonstrado como o as indústrias brasileiras se comportam frente as novas tecnologias/ferramentas de produção e seus desdobramentos no processo produtivo.

Em pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria – CNI com 2.225 empresas, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes, no período de 4 a 13 de janeiro de 2016, divulgou-se que 43% das indústrias brasileiras pesquisadas não identificaram quais tecnologias digitais - presentes no conceito de Indústria 4.0 - em uma lista com 10 opções, têm o maior potencial para impulsionar a competitividade da indústria. Entre as 10 opções apresentadas, apenas 1% das indústrias pesquisadas identificou as tecnologias de projetos de manufatura por computador CAD/CAM, (*softwares* de simulação), como importante para a competitividade da indústria, como mostra a Figura 12.

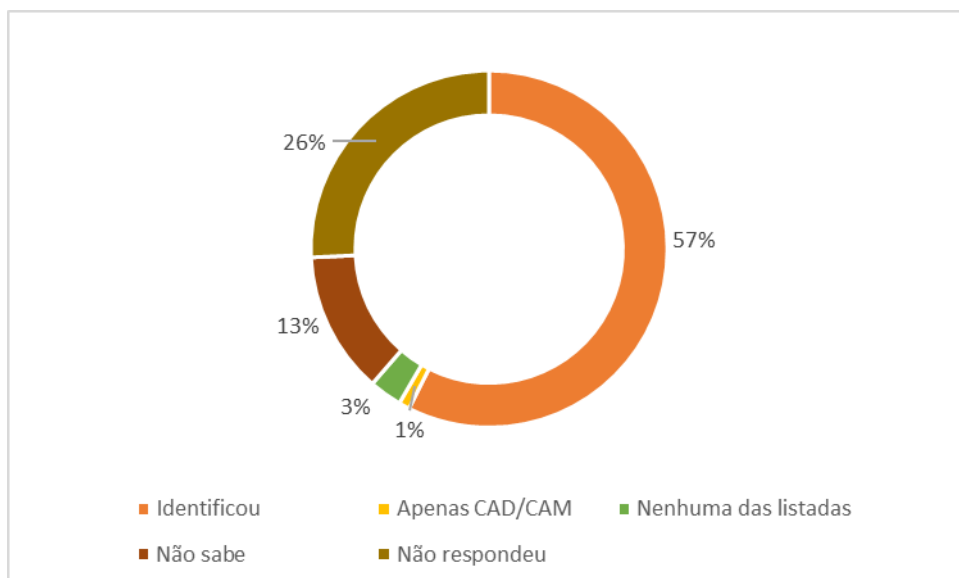


Figura 12 - Identificação de tecnologias digitais importantes para a competitividade da indústria

Fonte: Adaptado de Especial (2016).

O desconhecimento é significativamente maior entre as pequenas empresas (57%). Entre as grandes empresas, o percentual de empresas que não identificaram alguma das 10 tecnologias digitais apresentadas como importante para a competitividade cai para 32% (ESPECIAL, 2016).

Na Figura 13, é possível observar que entre as barreiras internas, o custo de implantação é a principal barreira à adoção de tecnologias digitais para 66% das empresas entrevistadas (ESPECIAL, 2016).

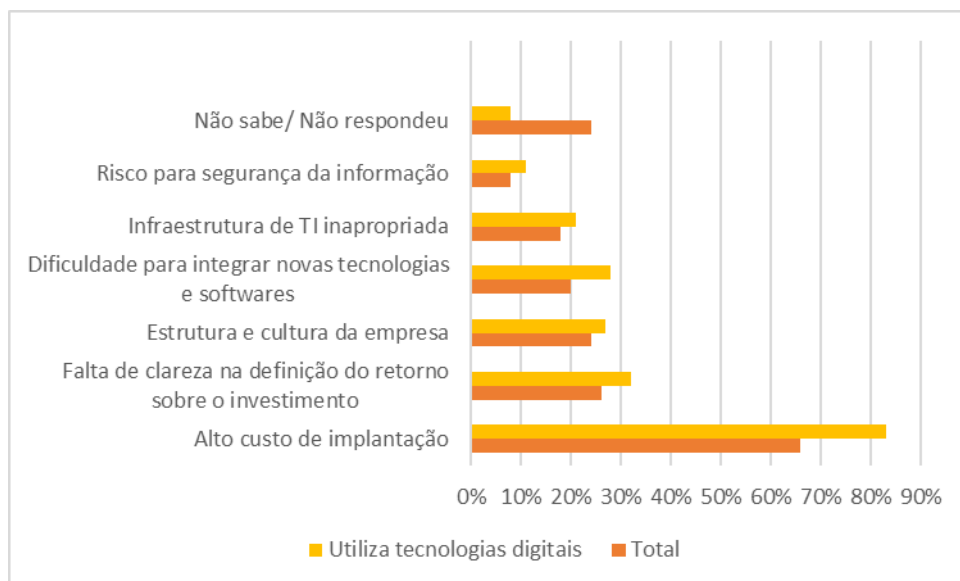


Figura 13 – Barreiras internas que dificultam a adoção de tecnologias digitais
Fonte: Adaptado de Especial (2016).

No que confere às barreiras externas, como mostra a Figura 14, o destaque é a falta de trabalhador qualificado, com 30% de assinalações. As demais opções aparecem com percentuais de assinalações próximos (variando de 24% a 26%), à exceção de falta de normalização técnica e regulação inadequada, que não foram considerados entraves significativos (ESPECIAL, 2016).

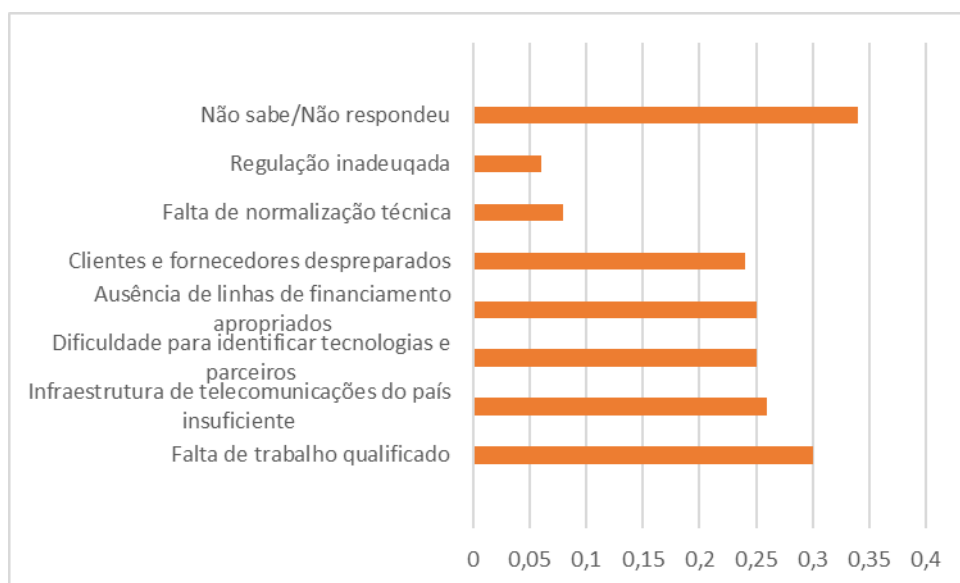


Figura 14 – Barreiras externas que dificultam a adoção de tecnologias digitais.
Fonte: Adaptado de Especial (2016).

Quanto às expectativas das indústrias brasileiras em relação às medidas a serem tomadas pelo governo, para 46% das indústrias pesquisadas o governo

brasileiro deve promover o desenvolvimento da infraestrutura digital, para acelerar a adoção de tecnologias digitais no país. Enquanto 42% afirmam que esperam do governo brasileiro maior investimento em educação, visando qualificar os trabalhadores e resolver o problema da ausência de mão de obra qualificada. Essas e as demais expectativas estão apresentadas, a seguir, na Figura 15.

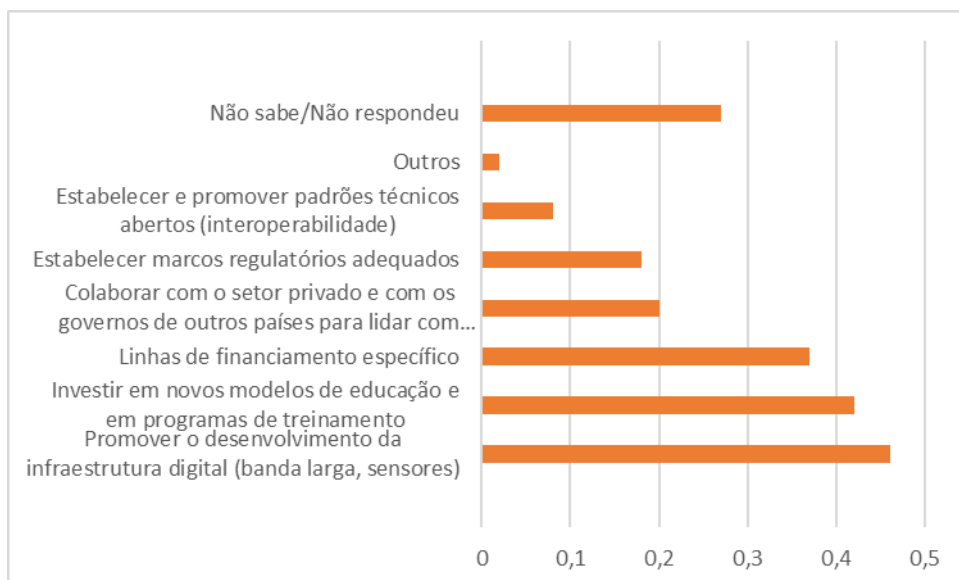


Figura 15 – Medidas de governo para acelerar a adoção de tecnologias digitais
Fonte: Adaptado de Especial (2016).

Essa explanação, a respeito do cenário nacional, têm a intenção de alertar quanto ao desconhecimento das indústrias brasileiras das potencialidades produtivas referentes ao conceito de Indústria 4.0 e salientar a importância de se preparar estrategicamente para as mudanças industriais que estão acontecendo. Pois as possibilidades de inovação industrial, contidas no conceito de Indústria 4.0, como a utilização de sistemas inteligentes que podem controlar a produção à distância, com máquinas ligadas à rede de informações que podem ser acessadas a qualquer momento em qualquer lugar contribuem para maior eficiência produtiva e, conseqüentemente, para maior lucratividade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados bibliográficos, das mais diversas indústrias, obtidos e apresentados no presente trabalho, torna-se possível concluir que a Indústria 4.0, não apenas inova os setores produtivos industriais, como também se apresenta como uma saída para a busca de maiores lucros, dado o seu paradigma de condensação das atividades executadas manualmente e intensificação das atividades automatizadas através da flexibilização e autonomia de controle das organizações operacionais. O efetivo aumento da produtividade, como foi constatado na análise realizada sobre a pesquisa realizada por Schröder, Nunes e Viero (2015), demonstra o potencial de melhoria produtiva com a implantação das tecnologias da Indústria 4.0, e tais melhorias levam as indústrias a buscar o uso cada vez maior dessas tecnologias para otimização de seus processos produtivos.

Como contraponto, este trabalho se preocupou em relatar os desdobramentos referentes à diminuição de vínculos empregatícios diretos, com tendências à diminuição de cargos com baixos salários e o maior número de cargos com salários maiores e a atenção que esse assunto suscita.

As indústrias brasileiras ainda estão em fase pueril quanto ao uso de ferramentas tecnológicas de produção, e esperam superar essa puerilidade a partir de políticas públicas, promovidas pelo governo nacional, de incentivo às atividades tecnológicas do país, e de planejamento para o desenvolvimento científico no futuro, assim como ocorre em ações políticas da Alemanha, por exemplo, que almeja a excelência em inovações tecnológicas voltadas ao desenvolvimento industrial e por isso as incentiva ostensivamente.

REFERÊNCIAS

- ARMBRUST, Michael et al (Ed.). **A View of Cloud Computing**. [2011]. Communications of the ACM. Disponível em: <<https://cacm.acm.org/magazines/2010/4/81493-a-view-of-cloud-computing/fulltext>>. Acesso em: 11 maio 2017.
- ASHTON, Kevin. **Internet das Coisas, nova revolução da conectividade**. Inovação em Pauta, Porto Alegre, n. 18, p. 6-9, dez. 2014. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas.html>>. Acesso em: 01 de out. 2016.
- ASHTON, Kevin. **That 'Internet of Things' thing**. Publicano no RFID Journal, 2009. Disponível em <<http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>>. Acesso em: 12 mai. 2017.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: a survey**. Computer Networks, 2010.
- BCG PERSPECTIVES (Boston). The Boston Consulting Group (Org.). **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries: The Nine Pillars of Technological Advancement**. 2015. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=2>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- BELLEMO, Maurizio. **Third Industrial Revolution: From Bits Back To Atoms**. 2015. Crazymba.club. Disponível em: <<http://www.crazymba.club/the-third-industrial-revolution/>>. Acesso em: 08 abr. 2017.
- BLANCHET, M. et al. **Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed**. 2014. Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. Disponível em: <http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_2014_0403.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2016.
- CEARLEY, D; Claunch, C. The Top 10 Strategic Technology Trends for 2013. **Gartner**, Orlando, 12 fev. 2013.
- CERP IOT – INTERNET OF THINGS EUROPEAN RESEARCH CLUSTER. Internet of Things: Strategic Reserach Roadmap. 2009. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/loT_Cluster_Strategic_Research_Agenda_2009.pdf>. Acesso em: 12 maio 2017.
- CIMM. **Definição - O que é retrabalho (resserviço)**. Dicionário Cimm. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/642-retrabalho-resservico>>. Acesso em: 17 abr. 2017.
- CUZZOCREA, Alfredo; SONG, Il-yeol; DAVIS, Karen C. **Analytics over Large-Scale Multidimensional Data: The Big Data Revolution!** 2011. Disponível em:

<[http://www.ischool.drexel.edu/faculty/song/publications/DOLAP 2011-Analytics over large scale MD Data.pdf](http://www.ischool.drexel.edu/faculty/song/publications/DOLAP%202011-Analytics%20over%20large%20scale%20MD%20Data.pdf)>. Acesso em: 12 maio 2017.

DATE, C. J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. 8ª Ed., Rio de Janeiro: Campus, 2004.

DICIONÁRIO PORTUGUÊS (Ed.). **Cibersegurança**. 2016. Disponível em: <<http://dicionariportugues.org/pt/ciberseguranca>>. Acesso em: 12 maio 2017.

ESPECIAL, Sondagem. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. 2016. 13 f. Cni (confederação Nacional da Indústria). Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017

FERREIRA, Pedro; MARTINHO, Ricardo; DOMINGOS, Dulce. IoT-aware business processes for logistics: imitations of current approaches. [braga]: Proc. Of Inforum–simpósio de Informática, 2010. (Universidade do Minho).

FREEMAN, D. **Layer By Layer**. Engineering, p. 265–266, mai. 2012

FREY, Carl Benedikt; OSBORNE, Michael. **"The Futere of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?"**. 2014. Oxford Martin School, Programme On The Futere Technology, University Of Oxford. Disponível em: <http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2017.

GE REPOSRTS BRASIL (Brasil). General Electric Company. **Motor a jato com peças impressas em 3D faz Boeing 737 MAX de última geração voar pela primeira vez**. 2016. Disponível em: <<http://www.gereportsbrasil.com.br/post/147412713124/motor-a-jato-com-peças-impressas-em-3d-faz-boeing>>. Acesso em: 12 maio 2017.

GLOBAL E-SUSTAINABILITY INITIATIVE AND THE BOSTON CONSULTING GROUP, INC., **"GeSI SMARTer 2020: the Role of ICT in Driving a Sustainable Future"**. Disponível em: <<http://gesi.org/SMARTer2020>> 2012. Acesso em: 02 abr. 2017.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GRANVILLE, V., **"A Comprehensive List of Big Data Statistics"**, 21 out. 2014. Disponível em: <<http://www.bigdatanews.com/profiles/blogs/acomprehensive-list-of-big-data-statistics>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2011. Disponível em: <http://feevale.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788576058717/pages/_1>. Acesso em: 03 abr. 2017.

HALTERMAN, T. E. **3D Printing Market Tops \$ 3.3 Billion, Expands by 34% in 2014**. 2014. 3dprint.com. Disponível em: <<https://3dprinting.com/55422/3d-printing-market-tops-3-3-billion-expands-by-34-in-2014/>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

HEDSTROM, Jessica. **The State of 3D Printing (survey of 1,000 people)**. 2015. Quora. Disponível em: <<https://jesshedstrom.quora.com/The-State-of-3D-Printing>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

JONG, J. P. J.; BRUIJN, E. **Innovation Lessons From 3-D Printing**. MIT Sloan Management Review. Magazine: Winter. 2012.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson (Ed.). **Realidade virtual e aumentada: conceitos, projetos e aplicações**. 2007. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Disponível em: <http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf>. Acesso em: 11 maio 2017.

KROLL, E., ARTZI, D. (2011). **Enhancing aerospace engineering students' learning with 3D printing wind-tunnel models**. Rapid Prototyping Journal, 17(5), 393–402. Disponível em: <<http://doi.org/10.1108/13552541111156522>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

LANDT, J. **The history of RFID**. Potentials, IEEE 24. 2005: 8-11. Disponível em: <<http://detaco.ir/attachments/RFID-en2.pdf>>. Acesso em 22/04/15.

LEE, E. A. Cyber-physical systems-are computing foundations adequate. In: **Position Paper for NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap**. 2006.

MARQUES, A. S.; MILKE, E. C.; MARTINS, V. **Estudo da viabilidade de molde polimérico obtido a partir de prototipagem rápida aplicado no processo de extrusão-sopro**. Disponível em:< <http://www.ska.com.br/ska/artigos/estudo-mostra-que-ferramental-rapido-feito-com-tecnologia-de-impressao-3d-pode-ser>>. Acesso em: 11 mai. 2017.

MCAFEE, A; BRYNJOLFSSON, E. **Big Data: The Management Revolution**. Harvard Business Review, Cambridge, out. 2012.

OLABUENAGA, J.I. R.; ISPIZUA, M.A. **La descodificacion de la vida cotidiana: metodos de investigacion cualitativa**. Bilbao, Universidad de deusto, 1989.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. **Adoção de RFID no Brasil: um estudo exploratório**. RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Online), São Paulo, v. 10, n. 1, p. 12-36, 2009.

RESEARCH, Bitkom. **Industrie 4.0 entscheidend für Geschäftserfolg**. 2015. Bitkom Pesquisa e Ey, Berlim. Disponível em: <<http://www.bitkom-research.de/Presse/Pressearchiv-2015/Industrie-40-entscheidend-fuer-Geschaeftserfolg>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

RUSSWURM, S. **Industrie 4.0 – from vision to reality**. SIEMENS Industry Sector – Background Information. Disponível em: <<http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2014/industry/2014-04-hannovermesse/background-indutrie40-e.pdf>> 2014. Acesso em: 08 abr. 2017.

SAS. **Internet of Things (IoT) What it is and why it matters**. 2013. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/internet-das-coisas.html>. Acesso em: 12 maio 2017.

SCHRÖDER, Ronaldo; NUNES, Fabiano de Lima; VIERO, Carlos Frederico. **Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0**. 2015. 36 v. Espacios. Disponível em:

<<http://www.revistaespacios.com/a15v36n18/15361819.html>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum: Davos, 2016.

SCOTT, Grunewald. **3D Printing Helped Make the Stunning All-New Ford GT a Showstopper**. 2015. Disponível em: <<http://3dprint.com/107001/3d-printing-ford-gt/>>. Acesso em: 11 maio 2017.

SEDACCA, B. **Hand built by lasers**. Engineering and Technology, v. 6, n. 1, 2011, p. 58—60.

SIEMENS. **Future of Manufacturing Fom Modeling New Perspectives**. 2015. Der Spiegel. Disponível em: <<https://www.siemens.com/content/dam/internet/siemens-com/br/topic-areas/future-manufacturing/pdf/08-future-of-manufacturing-fom-modeling-new-perspectives.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

TAUBE, B. **Leveraging Big Data and realtime analytics to achieve situational awareness for smart grids**. Redwood City: Versant Corporation U.S. Headquarters. 2012.

TAURION, C. **Big Data: nova fronteira em gerenciamento de dados**, 2011. Disponível em:

<www.ibm.com/developerworks/mydeveloperworks/blogs/ctaurion/entry/big_data_nova_fronreira_em_gerenciamento_de_dados?lang=en>. Acesso em: 12 mai. 2017.

TURNER, Giles. Cybersecurity Index Beat S&P500; by 120%: Here's Why, in Charts. **The Wall Street Journal**. New York, p. 1212-1212. 9 set. 2015. Disponível em: <<http://blogs.wsj.com/moneybeat/2015/09/09/cybersecurity-index-beats-sp-500-by-120-heres-why-in-charts/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

VDE. Association for electrical, electronic & information technologies. **The German Standardization Roadmap Industrie 4.0. Version 1.0**. 2013. Frankfurt: DKE.

Disponível em: <https://www.dke.de/de/std/documents/rz_roadmap%20industrie%204-0_engl_web.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

WOHLERS, T. **Recent trends in additive manufacturing**. 17th European Forum on Rapid Prototyping and Manufacturing, Paris, 12-14 jun. 2012.

ZAMBARDA, P. **Internet das Coisas: entenda o conceito e o que muda com a tecnologia**. 2014. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>>. Acesso em: 01 out. 2016.

ZIKOPOULOS, P; DE ROOS, D; PARASURAMAN, K; DEUTSCH, T; GILES, J; CORRIGAN, D. **Harness the power of Big Data- The IBM Big Data Platform**. Emeryville: McGraw-Hill Osborne Media, 2012.