



INDÚSTRIA 4.0: IOT, BIG DATA E PRODUTOS DIGITAIS¹

Artur Benzi Baccarin

Resumo: A indústria sempre esteve na vanguarda do desenvolvimento tecnológico visando produções mais eficientes com um melhor aproveitamento de recursos. A Indústria 4.0 surgiu pensando nessa otimização industrial com um conjunto de novas tecnologias que unem o mundo físico ao digital. A Internet das Coisas é uma dessas tecnologias onde máquinas e equipamentos são dotados de sensores para a interligação direta entre si via rede. Devido a essas novas “coisas” transferindo dados, surgiu o termo *Big Data* que conceitua esse grande volume de informações geradas em tempo real. Atualmente tudo que pode ser digital, será digital, pois por meio da digitalização das coisas, abrem-se novas oportunidades para produtos inovadores ou atualização dos existentes. Estas tecnologias fizeram com que a manufatura se conectasse entre toda sua cadeia de valor, desenvolvendo produtos inteligentes, transformando fábricas tradicionais em *Smart Factories*, resultado do movimento Indústria 4.0, o qual é considerado a Quarta Revolução Industrial.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Internet das Coisas. Big Data. Smart Factory.

1. INTRODUÇÃO

Novas oportunidades e combinações mentais, físicas e mecânicas estão sendo desenvolvidas graças às tecnologias emergentes como a Internet das Coisas, *Big Data*, sensores modernos e sistemas embarcados em conjunto com computadores de elevadíssimos poderes de processamento (WANG et al., 2016). Com o meio industrial acompanhando de perto essas evoluções, ele está se moldando para a Indústria 4.0 ou quarta revolução industrial, onde a mecanização foi responsável pela Primeira, a eletricidade pela Segunda e a Terceira ocorreu devido ao advento dos computadores (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), é um termo que foi utilizado pela primeira vez por Kevin Ashton em 1999 como título de uma apresentação realizada na *Procter & Gamble* (P&G), a qual tinha como tema a ligação entre a

¹ Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Design de Produto na Era Digital, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Design de Produto na Era Digital.



tecnologia de Identificação por Radiofrequência, do inglês *Radio Frequency Identification* (RFID) e a cadeia de suprimentos da P&G (ASHTON, 2009). Seu conceito pode ser descrito como a inserção de objetos do cotidiano à *internet*, onde estes recebem uma capacidade computacional e de comunicação. Eles agora recebem e enviam dados pela rede mundial de computadores (SANTOS et al., 2017). Segundo Soldatos et al. (2016), a Internet das Coisas é o coração da Indústria 4.0. Ela permite uma união mais profunda entre as máquinas virtuais e físicas, transformando e otimizando toda a cadeia de produção, indo dos pontos extremos de contatos entre os fornecedores e os clientes. A IoT permite uma interconexão, via envio de dados, de produtos, pessoas, processos e infraestruturas deixando todo o sistema de manufatura mais automático e inteligente, transformando radicalmente os modelos convencionais de produção.

Entretanto, a IoT trouxe um problema com seus novos dispositivos inseridos na rede por conta do volume, velocidade e variedade dos dados digitais gerados, provenientes de pessoas, máquinas, aplicações e suas combinações entre si. Esse imenso conjunto de dados foi nomeado de *Big Data* (INTEL, 2013). Essa coleção de dados novos é um fator essencial para a nova revolução industrial, pois com eles é possível obter novos *insights* que podem aumentar os negócios, elevar a produtividade e abrir novas oportunidades comerciais. Tudo é informação.

Segundo a Intel (2013), novos processos estão sendo desenvolvidos para se trabalhar com o *Big Data*, pois os bancos de dados tradicionais não possuem a capacidade de obter, armazenar e interpretar essas informações, principalmente em tempo real, fator imprescindível para a tomada de decisões no mundo competitivo atual. Esse processamento dinâmico também é fundamental para o *machine learning*, que se define como o aprendizado automático das máquinas, outro fator característico da quarta revolução industrial.

Esse conjunto de dados leva à tendência onde o que pode ser digital será digital. A digitalização estará presente em toda cadeia de valor: da concepção, passando pela fabricação e finalizando na experiência e *feedback* do consumidor. Uma representação digital de um produto, da sua forma de produção e da sua operação permite observar o futuro, predizendo seu desempenho no mundo real. Uma vez que a



sua representação digital é validada e simulada, poderá se observar como seus componentes irão interagir entre si, estendendo para a manufatura com o comissionamento físico de sua produção. Grindstaff (2013) também diz que os produtos inteligentes, do inglês *smart products*, estão ficando cada vez mais complexos onde o modelo virtual é de vital importância para se observar a integração mecânica, elétrica e de seus *softwares*, retirando a necessidade de um protótipo físico.

Breuer (2015) afirma que a digitalização será a peça chave de todas as atividades de uma companhia no futuro e que gerará maior sinergia entre todos os componentes. Estamos entrando em uma nova era, a era digital, onde as empresas terão que adotar uma cultura digital onde tudo será pensado em termos digitais.

As transformações geradas pelos ambientes conectados com objetos inteligentes estão levando ao surgimento de *smart grids* no setor energético, mobilidade inteligente e autônoma nas estratégias de mobilidade e em novos produtos no domínio da saúde. No meio industrial surgem o *vertical networking*, processos *end-to-end* e integração horizontal em toda cadeia de valor de produtos e sistemas, os quais estão inaugurando o conceito “Indústria 4.0”, termo que teve origem de um projeto estratégico do governo Alemão para promover a tecnologia na manufatura até 2020 (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Geissbauer, Vedso e Schrauf (2016) dizem que as principais características da Indústria 4.0 são: a digitalização e integração de toda cadeia de valor, do desenvolvimento do produto à compra, através da manufatura, logística e serviços; a digitalização de todos os produtos e serviços oferecidos além da criação de novos e; modificação da estrutura de negócios focada na geração de receitas digitais e otimização na interação com o cliente.

Por fim, este conceito está resultando nas chamadas *smart factories* onde há a convergência entre o mundo real e virtual, integrando inteligência artificial, *machine learning*, *automation of knowledge work*, e comunicação *machine-to-machine* (M2M) com o processo de manufatura. Elas modificarão a forma de desenvolver, produzir e entregar produtos ao mesmo tempo em que se gera mais segurança aos trabalhadores, menores emissões de poluentes e maiores aproveitamentos de recursos (CRO, 2018).



2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÕES

2.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), pode ser vista como uma infraestrutura global de informações, a qual permite novos serviços interconectando “coisas” físicas e digitais (ITU-T, 2012). As informações são geradas, coletadas, processadas e distribuídas a qualquer momento e em qualquer lugar, realizando comunicações entre pessoas, entre pessoas e “coisas” e somente entre “coisas”.

Entretanto, não são todos os objetos que possuem a capacidade de serem registrados na *internet* para serem categorizados como “coisas”, alguns requisitos são necessários para isso. Faccioni Filho (2016) classifica esses requisitos como funcionalidades, sendo: poder de processamento, endereçamento, identificação, localização, comunicação, cooperação, capacidade de detectar estímulos do ambiente, atuação e interface. Um objeto não necessariamente deve possuir todas estas funcionalidades juntas. Certos avanços propiciaram a transformação dos objetos em “coisas” tais como a constante redução de custos e proporções, e o aumento do poder computacional de equipamentos auxiliares como sensores, processadores e atuadores. O engrandecimento da capacidade de armazenamento de dados, bem como novas técnicas de gerenciamento e análise destes, também foram fundamentais. Outro avanço marcante foi a evolução das redes sem fio, a qual veio acompanhada da criação do protocolo IPv6.

A Internet das Coisas está disseminando rapidamente, sendo encontrada em diversas áreas distintas e, segundo a firma de análise Gartner, em 2020 serão 26 bilhões de dispositivos conectados (MORGAN, 2014). Ela está sendo empregada na agricultura, na produção de energia, na manufatura, em transporte, logística, saúde, aviação e mais. Nestes casos, a IoT é focada nos dispositivos inteligentes, as “coisas”, operando como parte de um grande sistema ou em sistemas de sistemas que compõem toda a cadeia de valor de uma empresa. Esta é a definição de *Industrial Internet of Things* (IIoT), na tradução livre, Internet das Coisas Industrial, segundo Conway (2016). Gilchrist (2016) interpreta IIoT como uma forma de obter melhor visibilidade e *insights* das operações de uma empresa e de seus ativos por meio da integração de sensores, *softwares*, sistemas de armazenamento e computação em nuvem. Ele fornece um método de transformar os processos operacionais utilizando como base os dados, os quais foram



adquiridos durante todo o processo de negócios, por meio de análises avançadas. Os ganhos do negócio são alcançados através de ganhos de eficiência operacional e produtividade acelerada, o que resulta em menor tempo de inatividade não planejado e eficiência otimizada.

2.2 Big Data

Uma pesquisa realizada em 2015 pela BSA | *The Software Alliance* estimou que cerca de 2,5 quintilhões (10^{18}) de bytes em dados são gerados todos os dias, e esse número dobrará a cada dois anos (BSA, 2015). Esse imenso conjunto de dados é denominado *Big Data*.

Suas três características fundamentais, segundo a Intel (2013), são: 1. Volume: imensa escala e expansão dos dados; 2. Variedade: dados estruturados e não estruturados provenientes de diversas fontes distintas; 3. Velocidade: dados são gerados em tempo real.

O grande desafio do *Big Data* não se dá pelo fato do volume ser elevado, mas sim por conta da heterogeneidade dos dados, que demandam formas inovadoras de processamento de informação. Eles se dividem em estruturados e não estruturados. No primeiro os dados possuem uma organização para serem recuperados, como *tags*, linhas e colunas que identificam onde a informação se encontra precisamente. Os não estruturados não contém todas as informações possíveis de onde o dado se encontra e são estes os que mais crescem. (BATIMARCHI, 2015).

Em maio de 2012, na *Cloud Computing Conference*, Shaun Connolly apresentou a análise de dados como a Nova Vantagem Competitiva. Ele articulou sete razões para essa afirmação dividida em três áreas:

1. **Negócios:** novos modelos de negócio são possíveis e novos *insights* aparecem;
2. **Tecnologia:** a geração e o armazenamento de dados continuam a crescer exponencialmente; geram-se dados de várias formas e em qualquer lugar; e soluções tradicionais não serão úteis para a nova demanda;
3. **Financeiro:** os custos dos sistemas de dados continuam aumentando como uma porcentagem do orçamento de tecnologia da informação; novos padrões de *hardwares* e *softwares open-source* oferecem melhores custos-benefícios.



Connolly acredita que o *Big Data* é a fusão entre Transações, Interações e Observações, com a meta de: mais negócios, aumento de produtividade e novas oportunidades comerciais (VAN OMMEREN et al., 2013). Todos os dados gerados possuem informações valiosas. Sua análise permite *insights* mais profundos e relevantes aos clientes, parceiros e à empresa em si, ganhando uma vantagem competitiva. Esta análise está além das capacidades de *softwares* de banco de dados tradicionais (INTEL, 2013).

Com o *Big Data* em sistemas IIoT, grandes fluxos de dados podem ser analisados *online* com ferramentas avançadas trabalhando em nuvem em velocidade de transmissão. Estes dados gerados permitem ser armazenados em sistemas em nuvem distribuídos para análises futuras. Os resultados destas análises podem otimizar operações e fornecer informações a fim de aumentar a produtividade, a eficiência e reduzir os custos operacionais (GILCHRIST, 2016). Van Ommeren et al. (2013) diz que o *Big Data* é equivalente ao que foi o começo da *internet* nos anos 90. Um grande avanço tecnológico onde tudo está sendo conectado a tudo com novas visões sendo formuladas. Espera-se que haja mudanças radicais nas áreas de economia, inovação e interação social.

Essa crescente economia movida a dados em diversos setores (manufatura, transporte, energia, educação, saúde, dentre outros) poderá gerar mais de US\$ 1,6 trilhão em dividendos apenas nos próximos quatro anos. Economistas estimam que os ganhos de eficiência gerados por meio dela pode agregar até US\$ 15 trilhões ao PIB global até 2030 (BSA, 2018).

2.3 Produtos Digitais

A transformação digital em uma organização pode ser vista como uma mudança que demanda tempo e recursos, em que a tecnologia passa a ter um papel estratégico central, e não somente presencial e superficial. Seu objetivo é melhorar o desempenho, aumentar o alcance e garantir melhores resultados (RABELO, 2017). O processo de digitalização consiste na transformação de sinais, imagens, sons, áudios, dentre outros, em valores binários, o que significa que cada um desses objetos recebe uma representação nos computadores por meio de um conjunto de zeros e uns. Esse processo facilita o armazenamento e a proteção de informações.



Líderes industriais estão transferindo para o meio digital funções essenciais dentro de seus processos operacionais e de sua cadeia de valor. Além disso, há a contínua expansão do portfólio de produtos com funcionalidades digitais adicionadas levando em conta novos métodos de captura e análise de dados (GEISSBAUER; VEDSO; SCHRAUF, 2016). Novas tecnologias estão surgindo em consequência desse processo. Essas incluem análises *Big Data*, cadeia de fornecimento *end-to-end*, planejamento e conexão em tempo real, sistemas autônomos e digitalização de ativos físicos. Além do ganho de eficiência que elas produzem, há também a possibilidade de se desenvolver produtos altamente customizados para cada cliente. (GEISSBAUER et al., 2017).

Sobre as vantagens descritas, há também um grande risco na transformação digital voltada para a segurança dos dados. Os novos dados gerados por novos produtos com capacidades de processamento, abrem espaço para métodos diferentes de roubo de dados, espionagem industrial e ataque por *hackers*. *Cyber*-ataques e vírus são capazes de devastar todos os processos de uma empresa. Para evitá-los, companhias fabris e de negócios estão efetivando sistemas completos de segurança que abrangem tanto *softwares* como *hardwares*. A prioridade não é somente a prevenção desses ataques, mas sim aprender como lidar com eles (DELOITTE, 2014).

2.4 Indústria 4.0 e Smart Factory

A manufatura é impulsionada pela concorrência e pela constante necessidade de evolução e adaptação de métodos inovadores de produção. Devido à relevância dessa transição para a manutenção de uma posição e importância global, algumas iniciativas governamentais para incentivar suas indústrias foram criadas. Na Alemanha houve este incentivo e ele foi nomeado de Indústria 4.0. No entanto, este termo passou a caracterizar não somente um auxílio do governo, mas uma ampla mudança industrial em nível mundial. Sua principal ideia é explorar os potenciais das novas tecnologias e conceitos em ascensão como: Disponibilidade e utilização da *internet* e da IoT; Integração de processos técnicos e de negócios; Mapeamento digital e virtualização do mundo real; Fábricas inteligentes incluindo métodos e produtos inteligentes (ROJKO, 2017).

Rojko (2017) afirma que há inúmeras vantagens para aplicar o conceito Indústria 4.0, tais como: diminuir o tempo para lançamento de produtos no mercado; melhorar significativamente o pós-venda; permitir uma produção em massa mais personalizada sem aumento significativo de gastos; aprimorar o ambiente de trabalho para que seja mais flexível e amigável e; melhorar o aproveitamento de recursos e energia.

A Indústria 4.0 é focada em criar produtos inteligentes, processos e procedimentos. Sua principal força motora são as Fábricas Inteligentes, do inglês *Smart Factories*. Segundo Burke et al. (2017), as *smart factories* são sistemas flexíveis que podem auto-otimizar seu desempenho, auto-adaptar-se, aprender com novas condições em tempo real, e executar, de forma autônoma, processos inteiros de produção. A Figura 1 a seguir apresenta uma fábrica inteligente e suas principais características.

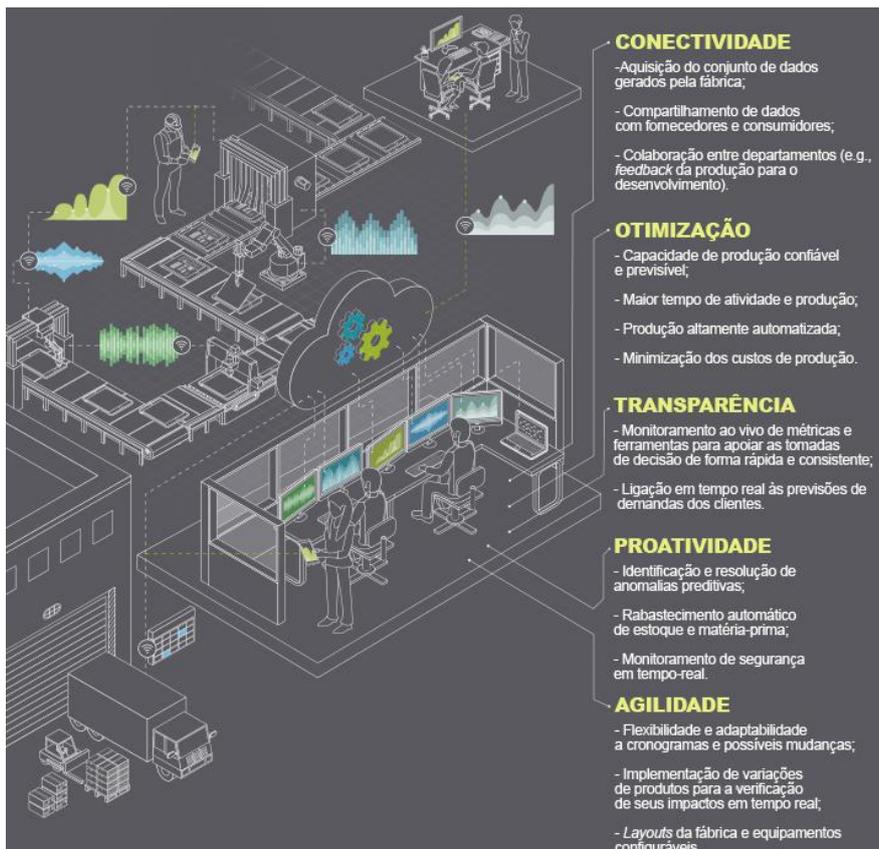


Figura 1 - Principais características de fábricas inteligentes.
Fonte: (BURKE et al., 2017). Adaptado pelo autor desta obra.

Os produtos produzidos nessas fábricas também são inteligentes, com propriedades que os tornam únicos, como conscientes do ambiente, proativos e auto-organizados. Isto permite que eles tomem decisões baseadas em diferentes contextos e até mesmo antecipem atividades e escolhas do usuário. Para que essas ações ocorram, os produtos inteligentes são compostos por diferentes sensores embarcados e possuem, além de memória, capacidades de processamento e análise de dados (MYSEN, 2013). A Tabela 1 a seguir apresenta as principais diferenças entre linhas de montagem tradicionais e as da *Smart Factories*.

Tabela 1 - Diferenças entre produção tradicional e a inteligente.

Número	Linha de produção Tradicional	Linha de produção <i>Smart Factory</i>
1	Maquinário Limitado e Predeterminado. Para construir uma linha de produção em massa de certo tipo de produto, há a necessidade de calcular precisamente os recursos necessários e programar o maquinário para minimizar a redundância.	Maquinário distinto. Para produzir diversos tipos de produtos inteligentes, mais máquinas de diferentes tipos devem coexistir no sistema.
2	Rota Fixa. A linha de produção é fixa e para realizar uma troca na manufatura, o sistema deve ser desligado e reprogramado manualmente.	Rota Dinâmica. Quando à troca na manufatura entre tipos diferentes de produtos, as máquinas e a esteira transportadora se comunicam entre si e são reconfiguradas automaticamente.
3	Rede de Controle de Chão de Fábrica. Barramentos de campo podem ser utilizados para conectar a estação mestre com as escravas, mas a comunicação entre as máquinas não é necessária.	Conexões Abrangentes. As máquinas, os produtos, os sistemas de informação e as pessoas são conectados e interagem entre eles através de uma infraestrutura de rede de alta velocidade.
4	Camadas Separadas. Os dispositivos de campo são separados da rede de informação da fábrica.	Convergência Profunda. A fábrica inteligente opera em um ambiente de rede que integra todos os recursos físicos e digitais para formar uma rede de “coisas” e serviços.
5	Controle Independente. Cada máquina é pré-	Auto-Organizada. As funções de controle

	programada para realizar certas funções. Qualquer defeito em um dispositivo interrompe todo o processo.	são distribuídas em diversos dispositivos. Estes negociam entre eles para organizar a melhor dinâmica no processo.
6	Informação Isolada. As máquinas podem gravar suas informações do processo, mas raramente estes são utilizados entre elas.	Big Data. Todos os dispositivos geram dados que são transferidos, armazenados e processados na nuvem e entre eles.

Crédito: (WANG et al., 2016). Adaptado pelo autor desta obra.

Enquanto o controle e a automação já existem faz décadas, a fábrica totalmente inteligente só recentemente ganhou força como uma busca viável às empresas. Cinco tendências abrangentes estão acelerando o caminho em direção a *Smart Factory*. São eles: 1. Recursos tecnológicos em rápida evolução; 2. Aumento da complexidade da cadeia de suprimentos e fragmentação global da produção e demanda; 3. Crescentes pressões competitivas de fontes inesperadas; 4. Realinhamentos organizacionais resultantes do casamento das Tecnologias de Informação e Operação; 5. Desafios a novos talentos (BURKE et al., 2017).

A Figura 2 a seguir apresenta de forma gráfica o conceito da Indústria 4.0.

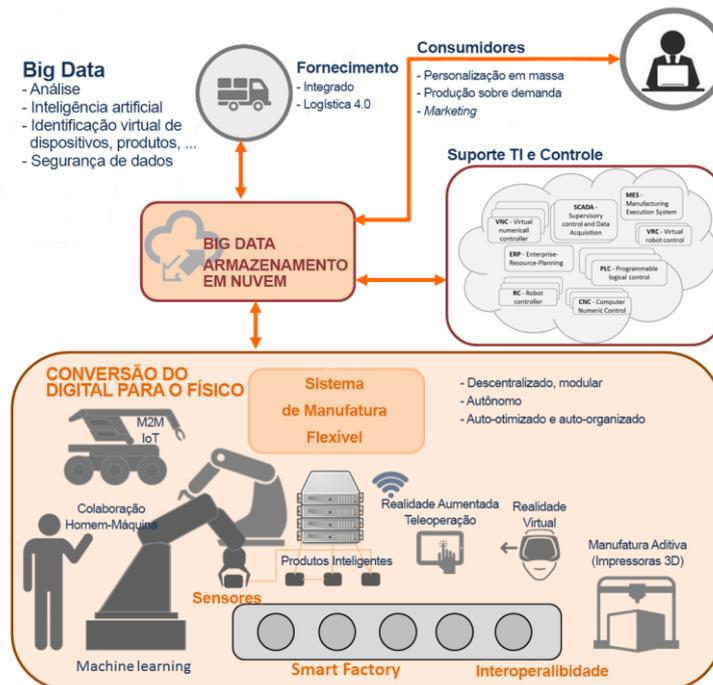


Figura 2 - Indústria 4.0.

Fonte: (ROJKO, 2017). Adaptado pelo autor desta obra.



3. CONCLUSÕES

O conceito Indústria 4.0 não se limita apenas à manufatura direta, mas inclui também uma cadeia de valor completa, de fornecedores a clientes, e todas as funções e serviços de negócios da empresa. Ele pode ser interpretado como uma especialização da Internet das Coisas e análise *Big Data* aplicada ao ambiente industrial. Indústria 4.0 é visto como uma tecnologia disruptiva e é utilizada como sinônimo de quarta revolução industrial. No entanto, ela também pode ser percebida como o avanço natural da manufatura, desencadeado pela tendência do mundo digital.

O trabalho desenvolvido pela *Cisco* e pela *AeroScout* em 2014 na fábrica da *Stanley Black & Decker* em Reynosa, México, une perfeitamente todo o conteúdo apresentado neste documento. Segundo Cisco et al. (2014), a fábrica é composta por dezenas de linhas de produção multiprodutos e milhares de funcionários que manufaturam milhões de ferramentas elétricas ao ano. Gerenciar essa escala de produção e complexidade é um desafio diário. Sua produção demandava um melhor controle de seus recursos. Questões sobre o cronograma de produção, atualizações sobre qualidade e o efeito das mudanças de turno foram todos problemas levantados que necessitavam aprimoramentos.

A solução encontrada foi conectar as linhas de produção implementando o *Real-Time Location System* (RTLS) da companhia *AeroScout* para trabalhar em conjunto com a infraestrutura Wi-Fi da *Cisco*. O RTLS inclui pequenas etiquetas RFID que se conectam virtualmente a qualquer material fornecendo sua localização e estado em tempo real para os trabalhadores, supervisores e gerentes da fábrica. Isso significa que os supervisores de chão de fábrica estão constantemente cientes sobre a saída de cada linha, se a produção deve acelerar ou desacelerar para atingir as metas diárias e com que rapidez os funcionários estão concluindo suas respectivas etapas de produção.

O RTLS também melhora a visibilidade das operações com a aquisição e armazenamento de todos os dados gerados pelas etiquetas, os apresentando graficamente para que se entenda melhor como remover obstáculos que impedem a fábrica de obter maior eficiência. A Figura 3 abaixo apresenta a arquitetura RTLS.

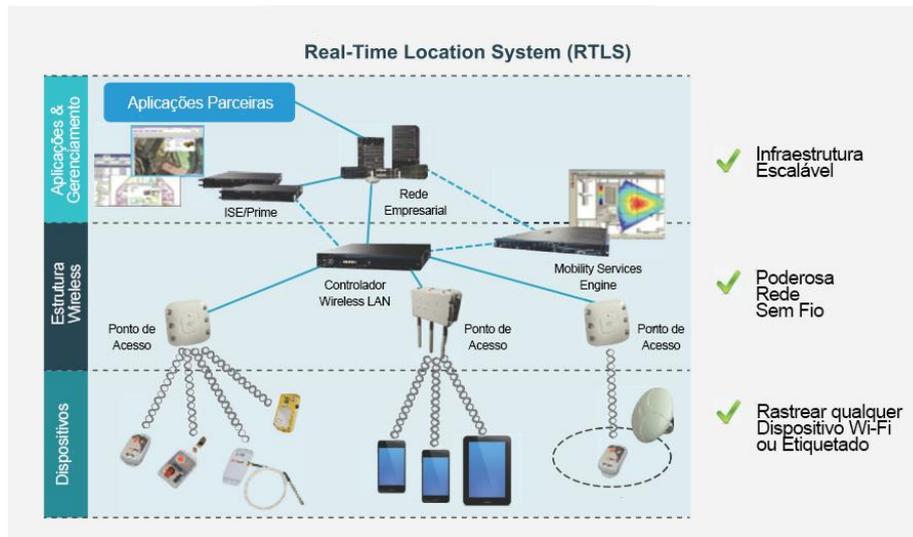


Figura 3 - Arquitetura RTLS.

Fonte: (CISCO, 2014). Adaptado pelo autor desta obra.

Após a completa instalação do sistema, benefícios já apareceram imediatamente. A linha de produção de fresadoras teve um aumento de 24% em sua Eficiência Geral do Equipamento, do inglês *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), e uma estimada melhora na economia de custos por conta de uma definição mais clara dos objetivos para seus funcionários. Informações detalhadas e maior visibilidade sobre o estoque proporcionou um aumento no desempenho na entrega dos produtos aos consumidores apresentando estados mais precisos sobre os pedidos, bem como na logística do recebimento de matéria-prima dos fornecedores. Com mais informações sobre as horas de trabalho dos funcionários, foi possível entender como que cada um estava sendo utilizado. Como resultado, houve um aumento de 10% na eficiência laboral, garantindo também melhor qualidade de trabalho para a equipe. Isso também permitiu que os supervisores do chão de fábrica chegassem mais cedo aos problemas por conta do recebimento quase instantâneo de notificações do processo via *tablets* e *smartphones*. Por fim, com todos os dados sendo armazenados e analisados, houve uma melhor compreensão da fábrica pelos gerentes.

No caso apresentado acima, a adição das etiquetas RFID em objetos os introduziram em uma grande rede virtual, os transformando em “coisas”. Essa inserção produziu um aumento significativo na geração de dados que foram capturados e armazenados. Os dados então foram analisados e convertidos em gráficos, relatórios e



avisos disponibilizados em dispositivos fixos e, principalmente, em móveis para maior agilidade na tomada de decisão no chão de fábrica.

O caminho para a implementação ampla das tecnologias que compõe o conceito de Indústria 4.0, aproveitando tudo que elas tem a oferecer ainda é longo. Pode-se esperar que a maioria das empresas introduza seus elementos gradualmente, com base em novas soluções, não colocando em risco a estabilidade financeira e industrial.



REFERÊNCIAS

ASHTON, Kevin. **That 'Internet of Things' Thing:** In the real world, things matter more than ideas.. 2009. Disponível em:

<<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

BATIMARCHI, Susana. **A diferença entre dados estruturados e não estruturados.**

2015. Disponível em: <<http://docmanagement.com.br/03/06/2015/a-diferenca-entre-dados-estruturados-e-nao-estruturados/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

BREUER, Hubertus. **Building a Digital Company.** 2015. Disponível em:

<<https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/digitalization-and-software/from-big-data-to-smart-data-the-digital-corporation-siemens.html>>.

Acesso em: 09 abr. 2018.

BSA. **Estudo da BSA ilustra o impacto mundial da revolução de dados.** 2015.

Disponível em: <http://www.bsa.org/news-and-events/news/2015/october/en10202015datareport?sc_lang=pt-BR>. Acesso em: 31 maio 2018.

BURKE, Rick et al. **The smart factory:** Responsive, adaptive, connected manufacturing. Deloitte, 2017. Disponível em:

<<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

CISCO. **Location-Based Services and Enterprise Visibility Solutions.** 2014.

Disponível em:

<https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/manufacturing/cisco-aeroscout-pov.pdf>. Acesso em: 05 set. 2018.

CISCO et al. **Internet of Things Case Study:** Stanley Black & Decker. 2014.

Disponível em:

<<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/manufacturing/connected-factory/automation/stanley-black-decker.html>>. Acesso em: 05 set. 2018.

CONWAY, John. **The Industrial Internet of Things:** An Evolution to a Smart Manufacturing Enterprise. 2016. Disponível em:



<https://www.mcrockcapital.com/uploads/1/0/9/6/10961847/schneider-an_evolution_to_a_smart_manufacturing_enterprise.pdf>. Acesso em: 25 maio 2018.

CRO Forum. **The Smart Factory: Risk Management Perspectives**. 2015. Disponível em: <<https://www.thecroforum.org/2015/12/07/the-smart-factory-risk-management-perspectives/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

DELOITTE. **Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. 2014. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/consumer-industrial-products/articles/industry-4-0-challenges-and-solutions.html>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

FACCIONI FILHO, Mauro. Designing 'Things' for the Internet of Things. **Ssrn Electronic Journal**. jan. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/314424005_Designing_'Things'_for_the_Internet_of_Things>. Acesso em: 18 maio 2018.

GEISSBAUER, Reinhard et al. **Digital Factories 2020: Shaping the future of manufacturing**. Alemanha: PwC, 2017. 47 p. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/digital-factories-2020.html>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

GEISSBAUER, Reinhard; VEDSO, Jesper; SCHRAUF, Stefan. **Industry 4.0: Building the digital enterprise**. 2016. PwC. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things**. Tailândia: Apress, 2016.

GRINDSTAFF, Chuck. **Smart products from smart factories: Digitalization is accelerating innovation and transforming every industry**. 2016. Disponível em: <<http://news.usa.siemens.biz/blog/smart-products-smart-factories-digitalization-accelerating-innovation-and-transforming-every-in>>. Acesso em: 09 abr. 2018.



INTEL Corporation. **Saiba mais sobre Big Data:** Medidas que Gerentes de TI Podem Tomar para Avançar com o Software Apache Hadoop. 2013. Disponível em: <<https://www.intel.com.br/content/dam/www/public/lar/br/pt/documents/articles/90318386-1-por.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

ITU-T. **Y.2060:** Overview of the Internet of things. 2012. Disponível em: <<https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>>. Acesso em: 20 maio 2018.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0.** 2013. ACATECH. Disponível em: <http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2018.

MYSEN, Andreas Greftegreff. **Smart products:** An introduction for design students. Departamento de Design de Produto, Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, Trontêmio, 2013. Disponível em: <<https://www.ntnu.no/documents/10401/1264433962/AndreasArtikkel.pdf/6f72baa3-1100-4c8c-9a4b-290a1b4809ec>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

MORGAN, Jacob. **A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'.** 2014. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#4d226e6e1d09>>. Acesso em: 23 maio 2018.

RABELO, Agnes. **Transformação Digital:** o que é e quais os seus impactos na sociedade. 2017. Disponível em: <<https://marketingdeconteudo.com/transformacao-digital/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. **Ijim.** Nuremberga, p. 77-90. 2017. Disponível em: <<http://online-journals.org/index.php/ijim/article/view/7072>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

SANTOS, Bruno P. et al. **Internet das Coisas:** da Teoria à Prática. 2017. Departamento de Ciências da Computação, UFMG. Disponível em:



<<http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Nova Iorque: Crow Business, 2016.

SIEMENS. **Tecnomatix**. 2018. Disponível em: <<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

SOLDATOS, John K. et al. **Internet of Things Applications in Future Manufacturing**. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305033020_Internet_of_Things_Applications_in_Future_Manufacturing>. Acesso em: 07 abr. 2018.

VAN OMMEREN, Erik et al. **No More Secrets: with Big Data Analytics**. Sogeti, 2013. 206 p. Disponível em: <<https://www.ict-books.com/topics/nomoresecrets-pdf-info>>. Acesso em: 25 maio 2018.

VERZIIL, Diederik et al. **Smart Factories: Capacity optimisation**. União Européia: European Commission, 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/13395/attachments/3/translations/en/renditions/native>>. Acesso em: 08 jun. 2018.

WANG, Shiyong et al. **Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook**. 2016. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1155/2016/3159805>>. Acesso em: 06 abr. 2018.