

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL HENRIQUE MROZ PATRUNI

**OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA QUÍMICA NO BRASIL
PERANTE A INDÚSTRIA 4.0**

CURITIBA

2019

GABRIEL HENRIQUE MROZ PATRUNI

**OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA INDÚSTRIA QUÍMICA NO BRASIL
PERANTE A INDÚSTRIA 4.0**

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto

CURITIBA

2019

Os desafios e oportunidades da indústria química no Brasil perante a indústria 4.0

Gabriel Henrique Mroz Patrui

RESUMO

A quarta revolução industrial já é uma realidade em vários países desenvolvidos no mundo, como Alemanha – criadora do conceito -, Estados Unidos, China e Japão. Todavia, o Brasil ainda busca encontrar um caminho e maneiras de adequar seus processos produtivos nesse novo cenário. A Indústria 4.0 trata da incorporação de ferramentas ligadas à Tecnologia da Informação na produção industrial, criando sistemas físicos cibernéticos com o objetivo de aperfeiçoar e otimizar a cadeia de valor de seus produtos. Este artigo tem como objetivo avaliar os desafios e oportunidades que a indústria química brasileira terá a partir dessa nova revolução dos meios de produção. Para isso, foram realizadas buscas na literatura de estudos e casos de aplicações das ferramentas da Indústria 4.0, tais como manufatura aditiva, fábricas inteligentes, internet das coisas, *Big Data*, materiais avançados e aprendizado de máquinas.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Indústria Química. Internet das Coisas. Aprendizado de Máquinas. Fábricas Inteligentes.

ABSTRACT

The fourth industrial revolution is already a reality in many developed countries worldwide, like Germany - which created this concept -, United States, China and Japan. Therefore, Brazil still tries to find a way and manners to fit its production processes in this new scenario. The Industry 4.0 is about the incorporation of tools related to the Information Technology in the industrial production, creating physical cyber systems objectifying their product chain improvement and optimization. This objective of this paper is to evaluate the challenges and opportunities that the Brazilian chemical industry will have since the beginning of this revolution on the production ways. To do so, research on literature was done in studies and cases that applied the 4.0 industry tools, such as additive manufacture, smart factories, internet of things, Big Data, advanced materials and machine learning.

Keywords: Industry 4.0. Chemical Industry. Internet of Things. Machine Learning. Smart Factories.

1 INTRODUÇÃO

Com a chegada da nova revolução industrial, chamada de Indústria 4.0, os desafios para a adequação das indústrias às novas tecnologias tendem a ser grandes e numerosos. Muito relacionada com a manufatura, a Indústria 4.0 traz conceitos e ferramentas tecnológicas capazes de aumentar a produtividade e a eficiência, além de aumentar os níveis de confiabilidade e níveis de segurança dos processos produtivos. Contudo, no contexto da indústria química brasileira, alguns fatores tornam-se dificultadores, tais como, altos custos de energia e matéria-prima, elevada burocracia e obsolescência de equipamentos. Nesse sentido está a importância de um trabalho investigativo na busca por soluções e oportunidades para o desenvolvimento do setor químico no Brasil.

Para encontrar entendimento e respostas para essa questão, faz-se necessário entender o cenário da indústria química brasileira. Segundo estudo realizado em 2017 pela Deloitte em parceria com a Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química, o setor químico corresponde a 10% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial, sendo o oitavo maior do mundo. Todavia, nos últimos anos, a falta de investimentos tem provocado a estagnação do setor. De acordo com a pesquisa, 73% dos executivos da indústria química não pretendem realizar investimentos para aumentar a capacidade de produção nos próximos anos.

Este trabalho busca um esclarecimento maior quanto aos desafios e oportunidades no novo contexto industrial, para que as mudanças sejam aproveitadas também pela indústria química, visto que é um setor presente em quase todas as atividades econômicas do país.

2 INDÚSTRIA 4.0

O nascimento do termo Indústria 4.0, vem do alemão Industrie 4.0, de onde foi sua origem. Essa denominação surge como parte de um processo estratégico para recuperação da indústria alemã no cenário global, devido à migração da produção para países orientais nas últimas décadas do século XX. O principal objetivo do governo alemão era de fazer frente à produção asiática através do aumento da produtividade baseado em inovação e alta tecnologia. (FIRJAN, 2016)

As grandes mudanças no cenário produtivo tiveram início no fim do século XVIII com a 1ª Revolução Industrial, com a introdução de máquinas de grande porte e aplicação de energia e vapor substituindo a produção artesanal. No começo do século XX, a 2ª Revolução Industrial contou com o surgimento da energia elétrica para aumentar a produtividade e a implementação de linhas de produção em massa. A partir do ano de 1969 com a aplicação do primeiro sistema de controle lógico programável, foi considerado o início da 3ª Revolução Industrial, marcada pela implantação de produtos eletrônicos e automação industrial nos processos produtivos. Chegando nos dias atuais, a 4ª Revolução Industrial é caracterizada pela descentralização de produção, baseada na utilização de Sistemas de Produção Físicos Cibernéticos. (Delloite, 2014)

Os efeitos da Indústria 4.0 não ficam restritos apenas à Alemanha, outros países já anunciaram iniciativas ligadas à adoção de novas tecnologias para ganho de eficiência e aumento de produtividade. Nos Estados Unidos, foi lançado em 2014 o programa Accelerating US Advanced Manufacturing, com o intuito de aumentar a competitividade do país perante o cenário mundial. Na China, o projeto Made In China 2025, busca ampliar a atuação do país na cadeia produtiva global. Para o Brasil, a situação apresenta-se de maneira mais desafiadora e complexa, tendo em vista que grande parte da indústria nacional ainda busca uma adequação aos conceitos da 3ª Revolução Industrial, tais como automação através de programação e robótica. O setor mais avançado, no Brasil, em direção à Indústria 4.0 é a indústria automotiva, por se tratar de um setor que concentra boa parte da mão de obra qualificada do país. (FIRJAN, 2016)

2.1 COMPONENTES DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Hermann, Pentek & Otto (2015), a concepção de Indústria 4.0 está baseada em 4 pilares:

2.1.1 Sistemas Físicos Cibernéticos:

Os Sistemas Físicos Cibernéticos (CPS) correspondem ao conjunto de máquinas, sistemas de armazenamento e instalações que sejam capazes de trocas de informações de maneira autônoma e que realizem ações e interações independentes entre si, formando um ambiente de conexão entre o mundo real e o

virtual. Com a crescente utilização de sensores em máquinas e equipamentos, há uma grande geração de dados, sendo necessário o emprego de CPS para a interpretação e gerenciamento desses dados. (LEE, KAO & YANG. 2014)

2.1.2 Internet das Coisas

Baseado no conceito de CPS, o termo Internet das Coisas – *Internet of Things (IoT)* – trata da rede de conexão dos Sistemas Físicos Cibernéticos entre si. A conectividade entre os objetos resultante da IoT é cada vez mais impulsionada pelo uso frequente de sensores, ampliação de redes *wireless* e aumento de capacidade de processamento de dispositivos móveis.

2.1.3 Internet de Serviços

De maneira análoga ao conceito de IoT, o termo *Internet of Services (IoS)* corresponde à evolução da conectividade entre objetos e sistemas. Os dados obtidos pela conexão entre “coisas” geram a necessidade de interpretação e conseqüentemente uma melhor abordagem em relação aos serviços praticados entre fornecedores e clientes.

2.1.4 Fábricas Inteligentes – *Smart Factories*

O emprego de CPS em meios de produção resulta no conceito de fábricas inteligentes, onde maquinários, equipamentos e produtos são capazes de trocar informações entre si de maneira independente e instantânea. O resultado gerado é de ganhos em eficiência, produtividade, redução de custos e tempo.

2.2 TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA INDÚSTRIA QUÍMICA

2.2.1 Big Data

O conceito de Big Data apesar de não ser tão recente é considerado um dos principais focos em relação à Indústria 4.0. A definição estabelecida por Doug Laney no início dos anos 2000 explicou o conceito em 3 V's, ou seja:

Volume – Enorme quantidade de dados gerados por sistemas, sensores e máquinas;

Velocidade – Os dados compilados são enviados de maneira quase instantânea para que sejam interpretados o mais rápido possível;

Variedade – As informações e dados coletados são resultantes de inúmeras fontes e em diversos formatos. (SAS,2018)

O grande desafio do Big Data está na coleta de dados de qualidade e rápido processamento. Sua importância não está na quantidade de dados coletados, mas nos resultados gerados pelas informações obtidas. As características do Big Data possuem grande potencial e apresentam vantagens se aplicado de forma correta, tais como, otimização de tempo, tomada de decisão correta, redução de custos, prevenção de falhas. (SAS, 2018)

No contexto da indústria química o Big Data possui grande aplicabilidade, pois em processos industriais diversas são as variáveis a serem medidas e controladas, como por exemplo, vazão, temperatura, pH, viscosidade, densidade, pressão, volume e massa.

2.2.2 Manufatura aditiva

O método de produção conhecido como Manufatura Aditiva, ou também comumente como impressora 3D, trata da produção através da adição de determinado material sobre camadas formando um objeto pré-concebido por um software de modelos tridimensionais. A qualidade e consolidação da produção via Manufatura Aditiva está diretamente relacionada a escolha do material a ser empregado. Nesse sentido, é de fundamental importância a escolha de materiais adequados que confirmam as propriedades desejadas de resistência, durabilidade e custo acessível. (DILBEROGLU et al., 2017)

O desenvolvimento da Manufatura Aditiva passa pela indústria química, responsável pelo desenvolvimento dos materiais a serem utilizados. Diversos são os tipos de materiais que podem ser empregados na impressão 3D, sendo os mais comuns polímeros e metais.

2.2.3 Aprendizado de Máquinas

O processo de aprendizado de máquinas, ou também conhecido como *Machine Learning*, consiste na tomada de decisões de maneira autônoma por equipamentos e sistemas. Esse processo é baseado e alimentado por dados previamente armazenados e análise de padrões. O objetivo do aprendizado de máquinas é simular o raciocínio humano e agilizar ações corretivas na resolução de problemas.

A base da Indústria 4.0 está na integração de tecnologias, com isso o processo de *Machine Learning* pode ser auxiliado por ferramentas como *Big Data*, *Internet of Things* e Sensores Inteligentes. Os resultados do aprendizado de máquinas podem ser observados em redução de custos, prevenção de acidentes e otimização de processos.

2.2.4 Sensores inteligentes

A adoção de sensores na indústria química não é novidade, visto que são utilizados desde a 2ª revolução industrial. Contudo, o aprimoramento dos sensores, nas suas medições, detecção de parâmetros e geração de uma resposta proporcionam uma melhora significativa em processos e são caracterizados como sensores inteligentes.

Menos suscetíveis a ruídos e falhas, são capazes de gerarem medições de alta qualidade e dados extremamente confiáveis. Aliado a capacidade de detecção, novos sistemas de transmissão, como a substituição de sinal analógico para digital e comunicação sem fio auxiliaram no desempenho de monitorar variáveis de processo.

3 METODOLOGIA

Este artigo realiza uma investigação de pontos a serem explorados pela indústria química brasileira perante o novo cenário da Indústria 4.0. Diante disso, as buscas concentram-se em aplicações de novas tecnologias de produção no cenário nacional, com especificidade para a produção química. Dessa maneira é possível

estabelecer conclusões que estejam alinhadas com a realidade do país, suas dificuldades e possibilidades.

O primeiro passo foi buscar na literatura trabalhos que ajudassem a definir o conceito de Indústria 4.0 e os tópicos que estão relacionados com a quarta revolução industrial, tais como: *Internet of Things*, *Big Data*, manufatura aditiva, materiais avançados. Para a continuidade do trabalho, foram realizadas buscas nas plataformas Periódicos Capes e *ResearchGate* por trabalhos que apresentassem estudos de caso e análises práticas das tecnologias envolvidas na Indústria 4.0 aplicadas à indústria química. Além de artigos científicos, foram usados para embasamento documentos de organizações renomadas como Deloitte e Firjan.

4 OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA

O acompanhamento de variáveis e grande número de dados gerados é algo comum há muito tempo em processos industriais químicos. No entanto, novas possibilidades de geração de dados, sensores inteligentes e capacidade de armazenamento tornam essa nova revolução industrial um momento de incertezas para a indústria química.

Segundo artigo publicado por uma das referências em consultoria empresarial, a americana McKinsey, esse novo contexto digital pode influenciar a indústria química de três maneiras. A primeira se dá pelo aperfeiçoamento da tecnologia, melhora na performance e aumento de capacidade de processamento em setores como produção, P&D, vendas e marketing. Em segundo lugar, a mudança no padrão de consumo de clientes é capaz de diminuir a demanda por certos produtos e gerar demanda por novos produtos, abrindo novas possibilidades de mercado. Por último, a troca de informações entre fornecedores e consumidores é ampliada e melhorada, fazendo surgir novos modelos de negócios, sendo eles serviços ou produtos. (MCKINSEY, 2017)

Contudo, mesmo com um cenário promissor, a adoção das novas tecnologias inseridas na Indústria 4.0 ainda se apresenta de maneira tímida. Um estudo realizado em 2016 pela Confederação Nacional da Indústria mostrou que o setor químico ocupa a 10ª posição entre os setores industriais quanto à utilização de altas tecnologias em seus processos. Quando a aplicação de tecnologias digitais é

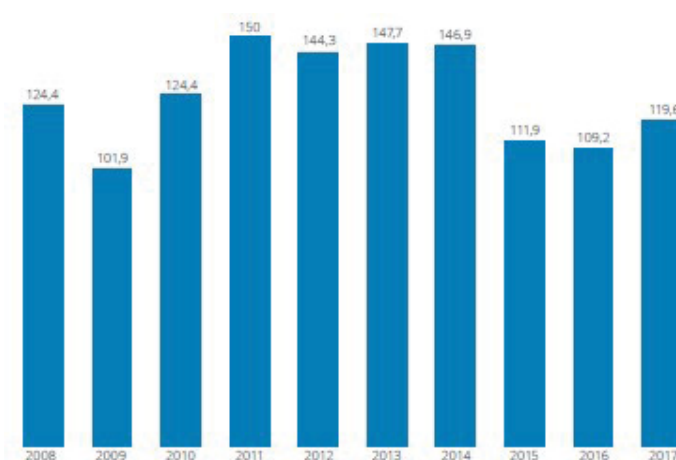
focada no desenvolvimento da cadeia produtiva, o setor químico não figura nem entre os dez primeiros setores. (CNI, 2016)

Ainda de acordo com o estudo, as principais barreiras para a adoção de novas tecnologias digitais são: alto custo de implantação, falta de clareza sobre o retorno dos investimentos e a cultura interna da empresa.

4.1 OS DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO QUÍMICA BRASILEIRA

O documento feito pela Deloitte em 2017 explicita os principais fatores para a queda no faturamento da indústria química brasileira. De acordo com o levantamento realizado pela instituição, o crescimento da produção entre os anos de 2013 e 2017 foi de apenas 2%, fato que pode ser considerado como uma estagnação do setor. As consequências da falta de crescimento da indústria química no Brasil são sentidas na representatividade do setor na economia do país, cuja participação no PIB apresentou queda de 30% entre os anos de 2004 e 2016.

FIGURA 1 – Faturamento da indústria química (US\$ bilhões)



Fonte: Deloitte (2017)

Os principais motivos listados pelo estudo que levaram a indústria química para o cenário atual são:

- Baixa competitividade no mercado;
- Elevado custo de matéria-prima e insumos para a indústria;
- Altos custos com logística;
- Elevada burocracia.

Como um dos fatores que dificultam o avanço da indústria no Brasil é o elevado custo de matéria-prima e energia, tecnologias ligadas à Indústria 4.0

acabam não sendo competitivas o suficiente para serem utilizadas nesse momento. Um estudo comparou os custos de produção via manufatura aditiva e via métodos convencionais. Para a pesquisa foram realizadas cotações de fabricação de uma peça de engrenagem com dimensões pré-definidas em material metálico. (GIORDANO et al., 2016)

Os resultados obtidos pelos autores são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 – Cotações Entre manufatura aditiva e métodos convencionais

Empresa	Método	Quantidade encomendada	Preço unitário (USD)
Manufatura Aditiva		1	\$ 1.529,60
A		3	\$ 1.164,61
		5	\$ 988,99
Manufatura Aditiva	Manufatura aditiva	1	\$ 1.543,00
B			
Manufatura Aditiva		1	\$ 856,93
C			
Ferramentaria D		1	\$ 128,99
Ferramentaria E		1	\$ 127,65
Ferramentaria F		1	\$ 67,18
Ferramentaria G	Convencional	1	\$ 116,45
		1	\$ 67,18
Ferramentaria H		100	\$ 11,19
		1000	\$ 8,95

Fonte: Giordano et. al, 2016.

Os valores encontrados mostram que a diferença entre a produção via manufatura aditiva e métodos convencionais é muito significativa, de modo que o valor médio por unidade da peça ficou em US\$ 1.309,84 para manufatura aditiva e US\$ 101,49 na fabricação pelos métodos convencionais. A conclusão dos autores sobre essa diferença expressiva entre os valores é de que os custos de produção da manufatura aditiva são compostos em sua maioria por custos variáveis, tais como a quantidade de material a ser empregado e energia para produzir cada peça.

Um artigo elaborado por Almeida & Park, sobre a relação do *Big Data Analytics* com a Engenharia Química, traça uma analogia entre a obtenção e tratamento de dados com um processo industrial do refinamento do petróleo. Para os autores, da mesma maneira que os gases e óleos crus passam por diferentes operações unitárias em uma sequência de etapas até a obtenção de produtos de valor agregado, os dados gerados pelo monitoramento de processos devem passar por um processo de refino para que possam realmente gerar resultados positivos.

Dessa forma, deve-se evitar o entusiasmo e o pensamento equivocados de se tratar de um novo tempo orientado apenas para a obtenção de dados, sem trabalhar os modelos matemáticos para realizarem a lapidação desses dados. A análise integrada dos dados aparece mais avançada no setor de energia, usada para gerenciamento de redes de fontes de energia, renováveis ou não, em ciclos combinados e co-geração. Para a indústria farmacêutica, a geração e análise de dados auxilia no processo de pesquisa e desenvolvimento e no diagnóstico do mercado consumidor.

4.2 OPORTUNIDADES GERADAS PELA INDÚSTRIA 4.0

Uma aplicação prática das tecnologias envolvidas na nova revolução industrial foi aplicada por uma das maiores produtoras de químicos no mundo. A BASF lançou em 2018 dois conceitos que exemplificam como a Indústria 4.0 pode estar presente em seus produtos. A ferramenta *SMART - Sustainability Metrics And Reporting Tool* gera relatórios que incluem o consumo de água, energia e o nível de emissão para cada produto, com o intuito de mostrar que o processo produtivo atua de maneira sustentável, fornecendo informações mais completas tanto para o setor de produção, quanto para o setor comercial. Outro projeto iniciado pela BASF é o *PowerPlant 4.0*, uma vez que seus complexos produtivos demandam uma quantidade enorme de energia, esse projeto tem como objetivo melhorar a eficiência dos gastos energéticos. Um software realiza a previsão de demanda, comparando dados históricos, custo da energia e fatores climáticos e como resultado fornece sugestões sobre compra ou venda de energia. (BASF,2018)

As ferramentas da Indústria 4.0 podem ser aplicadas em grande parte dos setores de uma planta química. De acordo com um estudo de caso realizado para análise da geração de energia a partir do biogás, fica evidente o potencial de

aumento de eficiência após a adoção de novas tecnologias. A pesquisa consiste na avaliação do emprego de dessas ferramentas desde a coleta de resíduos orgânicos para aterros até geração de energia através do biogás gerado. (CARDOSO et al, 2018)

A Tabela 2 traz um resumo do estudo realizado, mostrando o setor da planta onde foram aplicadas as tecnologias, qual a tecnologia envolvida e os ganhos resultantes.

Tabela 2 – Aplicações de novas tecnologias por setor da planta de produção de biogás.

Setor da Planta	Tecnologia Indústria 4.0	Ganho relacionado
Pré-coleta	Automatização de separação de resíduos	Aumento no volume de lixo reciclado.
Captação, Purificação e Reforma	Rede de sensores inteligentes.	Acompanhamento das variáveis do processo. Tomada de decisão otimizada. Redução de custos com manutenção
Geração de energia	Sistema de gestão autocorretivo	Maior eficiência na produção de energia devido ao controle de demanda.

Fonte: CARDOSO et al. 2018 (Adaptado)

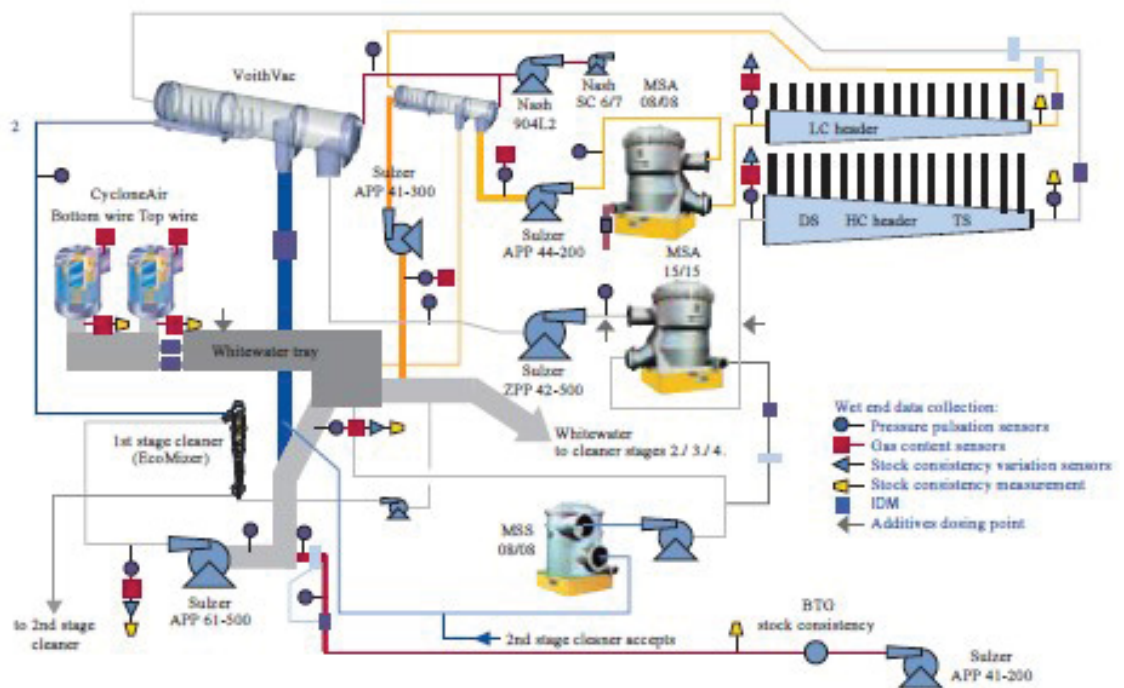
Outra aplicação de tecnologia relacionada a Indústria 4.0 é a adoção da IoT para a indústria de alimento e bebidas. O emprego dessa ferramenta garante não apenas um controle de qualidade mais eficaz como também trazer benefícios para o negócio. Como o atendimento a regulamentações é muito presente no processamento de alimentos, é fundamental que parâmetros como temperatura de armazenagem estejam dentro do esperado. A geração de dados sobre o transporte dos produtos e condições de armazenamento garantem qualidade para consumidores. Todo esse controle pode ser feito via dispositivos móveis conectados a internet, onde operadores e máquinas realizam o registro por toda a cadeia produtiva até o consumidor final. (HUB i4.0, 2018)

Um dos setores da indústria química que busca adaptação à Indústria 4.0 é o de papel e celulose. Não é de hoje que a indústria de papel busca acompanhar o processo de maneira mais detalhada através de dados. Seu processo produtivo possui alto grau de automação e por todas as etapas são espalhados sensores e scanners responsáveis por medir variáveis como espessura, velocidade,

temperatura, umidade, entre outros. Uma das maiores produtoras de máquinas de papel, a alemã Voith, desenvolveu um software para análise de dados batizado de *PaperMiner*. O novo desenvolvimento da empresa garante um processamento de 6.000 dados durante a fabricação do papel, algumas dessas leituras processadas em frações de segundo. Apenas com o auxílio da tecnologia para o processamento de dados é possível alcançar 10% a mais na otimização do processo, o que não seria possível por métodos tradicionais. (KARLOVIC, 2017)

Um exemplo da complexidade de sensores instalados para monitoramento do processo e geração de dados é ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Adaptação de sensores na produção de papel



Fonte: Karlovic, 2017

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor produtivo brasileiro ainda sofre pelo atraso tecnológico e falta de investimentos. Além disso, as transformações trazidas pela quarta revolução industrial são muito recentes e ainda é necessária uma busca maior por entendimento do poder e capacidade das novas tecnologias. Tratando especificamente do setor químico, vemos que faltam estudos mais direcionados sobre como explorar o potencial dessas ferramentas e aplicações das tecnologias em processos químicos.

Apoiados pelo que foi exposto nesse trabalho concluímos que o caminho a ser trilhado pela indústria química em direção às altas tecnologias ligadas à Indústria 4.0 será árduo e complexo. Pela falta de investimentos nos últimos anos, necessidade de mão de obra qualificada, elevado custo de insumos e energia, a adoção de um modelo de produção digital é ainda é desafiador. Contudo, a expansão dessas tecnologias em outras empresas no âmbito mundial pode acelerar o processo de modernização da produção química no Brasil, forçando as empresas a estarem de acordo com as exigências de mercado em busca de maior competitividade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. M.; PARK, S. W. **Big Data Analytics em Engenharia Química**. REBEQ ISSN 0102-9843, v. 33, 2017. p 15-18

BASF. **Chemistry 4.0 – sustainable and digital**. 2018. Disponível em: < <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/whats-new/sustainability-news/2018/chemistry-sustainable-and-digital.html> > Acesso em: 10 jun. 2019

CARDOSO, D. A. LIMA; CHEBAR, I. ESTEBANEZ; BELTRÃO, M. J. COUTINHO. **Estudo da aplicabilidade de ferramentas da indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás**. 2018

CNI Confederação Nacional da Indústria. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. Indicadores CNI ISSN 2317-7330, Ano 17, número 2, 2016.

DELOITTE. **Perspectivas para o setor químico no Brasil**. 2017 Disponível em: < <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/abiquim-setor-quimico.html> >. Acesso em: 15 mai. 2019

DELOITTE. **Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Disponível em: < <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>> . Acesso em: 14 abr. 2019

DILBEROGLU, U.M.; GHAREHPAPAGH, B.; YAMAN, U.; DOLEN, M. **The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0**. Procedia Manufacturing, 11:545-554, 2017.

FIRJAN, Sílvio I. **Panorama da Inovação – Indústria 4.0**, Abril/2016. Disponível em: < <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm> > Acesso em: 25 abr. 2019

HUB i4.0. **O poder da “Internet of Things” (IoT) para empresas de alimentos e bebidas**. 2018. Disponível em: < <https://www.hubi40.com.br/o-poder-da-internet-of-thingsiot-para-empresas-de-alimentos-e-bebidas/>>

KARLOVIĆ, I. **Technologies For Using Big Data In The Paper And Printing Industry**. Journal Of Print And Media Technology. Slovenia. v.6, n.2, p. 75-84, 2017.

KLEI, A., MODER, M., Stockdale, O., WEIHE, U., WINKLER, G. **Digital in chemicals: From technology to impact**. McKinsey & Company, 2017. Disponível em: < <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/digital-in-chemicals-from-technology-to-impact> >

LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. **Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment**. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/269709304_A_Cyber-Physical_Systems_architecture_for_Industry_40-based_manufacturing_systems >. 2014.

MEZZETI GIORDANO, C., DE SENZI ZANCUL, E., & RODRIGUES, V. P. (2016). **Análise Dos Custos Da Produção Por Manufatura Aditiva Em Comparação A Métodos Convencionais**. Producao Online, 16(2), 499-523. Disponível em: < <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i2.1963> >.

HERMANN, M; PENTEK, T; OTTO, B. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. 2015. Disponível em: < http://www.iim.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019

SAS. 2018 **Big Data: O que é e qual sua importância?**. Disponível em: <https://www.sas.com/pt_br/insights/big-data/what-is-big-data.html>.