

IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA DO SETOR SUCROENERGÉTICO



Júlia Rezende da Silva (UFTM)
juliarez.silva@gmail.com

Flávia de Castro Camioto (UFTM)
flavia.camioto@uftm.edu.br

Com o objetivo de transformar o modelo de produção em fábricas inteligentes, facilitando interações em tempo real entre o ambiente virtual e físico, a quarta era da revolução industrial, também conhecida como “Indústria 4.0” vem se tornando alvo de estudo. Um dos motivos está vinculado à ascensão das tecnologias e da digitalização dos processos, que fazem com que sua implementação esteja diretamente relacionada à competitividade e posicionamento das empresas na cadeia de valor. A fim de contribuir com essa transformação da quarta era digital no Brasil e facilitar o entendimento de como as indústrias estão se adaptando, este artigo teve como objetivo apresentar como uma empresa do setor sucroenergético brasileiro está se adaptando a Indústria 4.0, suas fases de implementação e as tecnologias implementadas. Para alcançar o referido objetivo, optou-se pelo método estudo de caso em uma indústria do setor sucroenergético, por intermédio de entrevistas com colaboradores envolvidos no projeto, acompanhamento das tecnologias implementadas de forma presencial e participação em reuniões do time de gestão da rotina digital. A partir da análise das entrevistas e das implementações digitais já realizadas pela empresa, é possível identificar a similaridade das práticas adotadas pela companhia com os conceitos apresentados no referencial teórico. A estratégia adotada nas etapas de implementação, se mostrou importante na identificação de gaps e na clareza de quais iniciativas digitais seriam priorizadas. Por outro lado, indica-se um estudo mais aprofundado sobre as dificuldades encontradas na implementação, efeitos da implementação a longo prazo, módulo de processos do sistema gêmeo e mudanças na infraestrutura da tecnologia da informação.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Fábricas Inteligentes, Sucroenergético.

1. Introdução

Mudanças intensas nas estruturas sociais e sistemas econômicos geradas pelo advento de novas tecnologias e novas percepções de mundo descrevem a palavra “revolução”. Dentro das três primeiras revoluções industriais, essas mudanças envolveram as áreas da mecânica, elétrica e informação: a primeira revolução, entre 1760 a 1840, deu início à produção mecânica, por meio da máquina a vapor; a segunda, com início no fim do século XIX, através do advento da eletricidade e linha de montagem, tornou possível a produção em massa (SCHWAB, 2016); a terceira, iniciou-se na década de 1960 e foi impulsionada pela automação acelerada por meio da eletrônica e tecnologia da informação (ZHOU; TAIGANG; ZHOU, 2015).

No início do século XXI, com a internet móvel cada vez mais difundida, assim como o desenvolvimento de sensores menores que, devido a inteligência artificial e aprendizado de máquina, se tornaram mais baratos, as tecnologias digitais se tornaram mais sofisticadas e integradas. Essa sofisticação e integração das tecnologias digitais fundamentadas no computador, *software* e redes, possibilitaram uma transformação na sociedade e economia global, a qual foi chamada de “quarta era da revolução industrial”, mais conhecida como “Indústria 4.0” (SCHWAB, 2016). O termo apareceu pela primeira vez em um artigo publicado pelo governo da Alemanha, em 2011, como uma estratégia de alta tecnologia para 2020 e, depois, foi novamente ressaltado em 2013, na feira de Hannover, feira líder em tecnologia industrial do mundo (ZHOU; TAIGANG; ZHOU, 2015).

Em busca de entender melhor como as empresas enxergam o potencial de melhoria na performance da indústria por meio da implementação de tecnologias advindas da Indústria 4.0, especialmente em países emergentes, Dalenogare et al. (2018) realizou um estudo, envolvendo 27 setores industriais. O estudo utilizou dados secundários e esses setores industriais representam 2.225 empresas da indústria brasileira, evidenciando como a adoção das diferentes tecnologias da era 4.0 se relaciona aos benefícios esperados nos patamares de produtos, operações e também dos “efeitos colaterais”. Utilizando da análise de regressão, o estudo mostrou divergência em relação ao convencional, ao evidenciar tecnologias da 4.0 que são vistas como promissoras, enquanto algumas tecnologias emergentes não. Assim, o estudo evidencia como diferentes tecnologias são associadas a diferentes benefícios e como a indústria brasileira possui tecnologias promissoras no desenvolvimento industrial, como *product big data analysis*, aplicação de serviços em nuvem na manufatura, tecnologias para digitalização da fábrica e para análise do desempenho do produto, porém, ainda não aproveitou o suficiente a vantagem das mesmas.

Com a utilização cada vez mais frequente do termo “Indústria 4.0”, o tema se tornou alvo de estudo em diferentes pilares. Pode-se dizer que o Brasil possui um duplo desafio na implementação dessa quarta era da revolução industrial, pois, além da implementação da tecnologia, precisa fazer isso com agilidade. Essa agilidade é necessária visto que, alguns países já estão passando pela implementação da Indústria 4.0, inclusive com o apoio dos governos das principais potências econômicas, que ultimamente vem colocando a Indústria 4.0 no centro das estratégias da política industrial. Ou seja, a agilidade é um diferencial na implementação para evitar o aumento do *gap* de competitividade do Brasil com outros países competidores, pois, caso contrário, as indústrias brasileiras correm o risco inclusive de deixarem de existir. Outro desafio é relacionado à forma como a tecnologia será difundida pelos setores. Como a indústria brasileira possui setores heterogêneos, serão necessárias políticas adaptadas que, conseqüentemente, terão diferentes velocidades e condições de implementação (CNI, 2016).

Essa agilidade também é necessária visto que, o termo “Indústria 5.0” já surge com a integração do homem e máquina em cooperação para um mundo sustentável, trazendo soluções para questões sociais, assim como um desenvolvimento econômico. Além disso, une a criatividade e a habilidade humana com velocidade, consistência dos robôs e produtividade, contribuindo para a diminuição da desigualdade social e melhorando a segurança pública (AMARAL, 2020). Diante deste cenário, em que as indústrias brasileiras ainda se encontram em transição das eras tecnológicas, na adaptação ao novo cenário e na tentativa de se manterem competitivas em relação ao mercado global, faz-se necessário entender como as indústrias brasileiras estão se posicionando perante à implementação dessas tecnologias, adequação aos processos e se as lideranças estão identificando quais são as tecnologias promissoras para o desenvolvimento da indústria, sabendo que o país é emergente e não reage da mesma forma que países desenvolvidos, pela raízes culturais e sociais que possui (MATOS, 2018).

A fim de contribuir com essa transformação da Indústria 4.0 no Brasil e facilitar o entendimento de como as empresas estão se adaptando e reagindo à essa implementação da nova era, o presente trabalho tem como objetivo apresentar, por meio de um estudo de caso, como uma empresa do setor sucroenergético brasileiro está se adaptando a Indústria 4.0, suas fases de implementação e as tecnologias implementadas.

O setor sucroenergético foi escolhido devido a sua importância na economia brasileira, contemplando, em 2019, segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/USP), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

(CNA), 21,4% do PIB brasileiro, sendo o ramo agrícola a maior parcela, correspondente a 68%, em torno de R\$ 1,06 trilhão (CNA, 2020).

O presente artigo está estruturado nos tópicos: introdução, que busca contextualizar o termo indústria 4.0, bem como apresentar o objetivo e justificativa da pesquisa; referencial teórico, busca explicar com maior nível de detalhamento os conceitos de Indústria 4.0, seus pilares e tecnologias; a metodologia, evidencia os instrumentos utilizados para coleta de dados, objeto de estudo e a fonte de coleta de dados; nos resultados e discussão, o trabalho evidencia os resultados da pesquisa, apresentando as fases de implementação adotadas pela empresa e algumas tecnologias já implementadas; por fim, as considerações finais, apresenta as principais considerações sobre o estudo.

2. Indústria 4.0: tecnologias e etapas de implementação

As tecnologias que formam a base da Indústria 4.0 são capazes de transformar o ambiente fabril, em um fluxo de produção totalmente integrado, automatizado e otimizado, obtendo maior eficiência e também alterando as relações tradicionais com os *stakeholders*, assim como com os humanos e as máquinas (RÜßMANN et al. 2015). Os 9 pilares da Indústria 4.0 estão apresentados a seguir:

- *Internet of Things (IoT)*: interconexão em redes de objetos do cotidiano (XIA et al., 2012);
- *Cloud Computing Technology*: conhecido como armazenamento em nuvem, a quarta era da revolução faz com que haja um melhor desempenho das tecnologias de armazenamento em nuvem, possibilitando serviços orientados por dados nos sistemas produtivos (RÜßMANN et al., 2015);
- *Big data*: a grande quantidade de dados faz com que seja necessária uma ferramenta de análise da dados para facilitar uma possível tomada de decisão (RÜßMANN et al., 2015);
- Robôs autônomos: Esses robôs inteligentes interagem entre si, trabalham em segurança com os humanos e também aprendem com eles (RÜßMANN et al., 2015);
- Simulação: será utilizada nas operações de fábrica, fazendo com que seja possível o uso dos dados em tempo real como espelhos do ambiente físico, por meio de um modelo virtual que engloba máquinas, produtos e humanos (RÜßMANN et al., 2015);

- Integração vertical e horizontal: a rede vertical é a integração dos sistemas de manufatura nas fábricas inteligentes, que permitem uma produção customizada como uma alternativa ao sistema de produção tradicional (ZHOU; TAIGANG; ZHOU, 2015). Já a integração horizontal, engloba a criação de uma nova rede de valor integrada, otimizada em tempo real, permitindo transparência, maior flexibilidade, facilitando à agilidade de resposta aos problemas e falhas (DELOITTE, 2014). Essa integração permite a rastreabilidade constante do produto, conceito este chamado de “memória do produto” (DELOITTE, 2014);
- Manufatura aditiva: Gibson, Rosen and Stucker (2010) caracterizam a manufatura aditiva pela fabricação do produto através da adição de material por camada, apoiada por um modelo que é gerado utilizando arquivos digitais;
- *Cybersecurity*: engloba a proteção dos sistemas industriais e linhas de produção em relação às ameaças de cibersegurança, por meio de comunicação segura, identificação sofisticada de usuários, etc (RÜßMANN et al., 2015);
- Realidade aumentada: Azuma (1997) define realidade aumentada como uma variação dos ambientes virtuais, que permite ao usuário, uma visão do mundo real com objetos virtuais sobrepostos, compondo o mundo real.

Vale mencionar que entre as tecnologias que permeiam o universo da quarta era digital, o gêmeo digital se destaca, visto que, ele surge para incrementar a otimização do desempenho no ambiente dos negócios (PARROT; WARSHAW, 2017).

Essa nova tecnologia da quarta era, possui diversas definições. Uma delas, se refere a um modelo integrado de um produto “fabricado”, que reflete todos os defeitos de fábrica e é constantemente atualizado para abranger o desgaste adquirido com o uso (REID; RODES, 2016). Grieves (2015) define o gêmeo digital como um modelo virtual, habilitado por sensor em um objeto físico, que simula o objeto em um cenário em tempo real.

Também conhecido como “*digital twin*”, o gêmeo digital extrai os dados dos sensores e do sistema de forma contínua e em tempo real, para fornecer dados precisos do estado atual da operação física. Essas informações, quando integradas a dados históricos e análises preditivas, facilitam a comunicação com a operação sobre problemas prováveis de acontecerem, sugerindo soluções (MUSSOMELI et al., 2018).

No que diz respeito a implementação da Indústria 4.0, a mesma requer uma metodologia bem consolidada, para que os benefícios advindos das tecnologias, sejam aproveitados em sua totalidade. Geissbauer et al. (2016) sugere 6 etapas de implementação, sendo elas: (1) **mapear**

uma estratégia para a Indústria 4.0: buscando a definição de metas que supram os *gaps* encontrados; (2) iniciar projetos pilotos: serve como um teste para melhor entendimento do que funciona para a empresa, recomenda-se um escopo inicial levemente estreito, porém, incorporando desde os materiais até os serviços de pós venda; (3) **definir as capacidades necessárias:** são englobados, por exemplo, infraestrutura de TI, com interfaces com o usuário bem planejadas, assim como estratégias de recrutamento e desenvolvimento dos funcionários, adaptando-os para essa nova rotina de trabalho; (4) **especializar-se em análise de dados:** consiste na combinação de dados em diferentes setores, por meio da integração de sistemas; obtenção de sistemas inteligentes, que utilizam análises em tempo real para melhorar o processo; (5) **aumentar a digitalização da empresa:** consiste em mudanças nas práticas da empresa e atitudes, estabelecendo compromisso e visão clara sobre a implementação do digital em todos os níveis hierárquicos, enfatizando a importância da adaptação da cultura da empresa; e (6) **comunicar a cadeia de valor:** parceiras e plataformas buscando compartilhar dados e informações, benchmarking com outras empresas, entendimento do comportamento do consumidor são pontos importantes para garantir uma expansão bem alicerçada.

3. Metodologia

O método da pesquisa para o desenvolvimento deste artigo consistiu em um estudo de caso descritivo, sendo que o objeto de estudo foi uma indústria do setor sucroenergético. Com o objetivo de entender como foram feitas as fases de implementação da Indústria 4.0 na empresa estudada, os dados foram coletados por meio de uma observação sistemática; o método de coleta foi por meio de entrevistas não estruturadas, com profissionais diretamente ligados ao projeto da 4.0 da empresa, durante os meses de novembro e dezembro de 2020; e janeiro, fevereiro e março de 2021.

4. Resultados

A empresa utilizada para o estudo de caso é uma empresa do setor sucroenergético, estando entre as maiores produtoras de açúcar do mundo, produzindo também, em larga escala, etanol e energia elétrica, advindos da cogeração do bagaço da cana-de-açúcar.

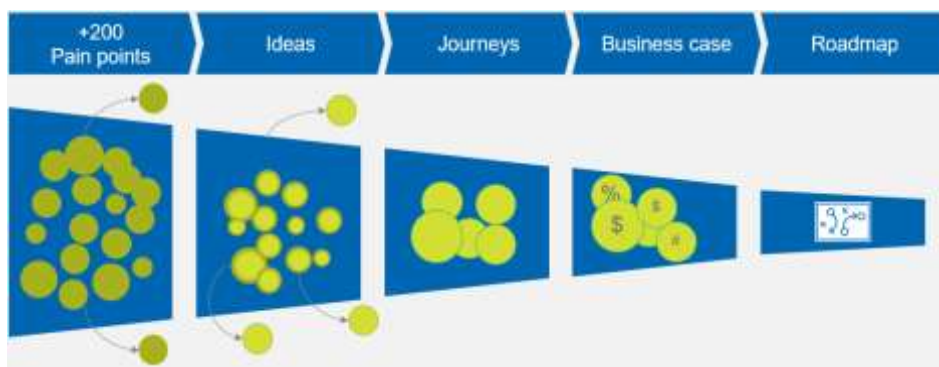
Para a metodologia (estruturação das etapas) e construção de um portfólio de projetos de digitalização, a empresa contou com o conhecimento de uma empresa de consultoria. Vale ressaltar que, após a estruturação das etapas, a empresa criou um time interno de Indústria 4.0,

que deu andamento ao projeto. Dessa forma, as fases de implementação foram definidas, sendo elas: preparação, criação, *design* da planta digital, implementação e expansão.

Na fase de preparação, com duração de 2 semanas, o resultado foi um desenho detalhado da planta em estudo, conforme mostrado no ANEXO A. Na fase de preparação, foram identificados os pontos de dores, considerando diferentes esferas no mesmo setor (gestão da rotina, processos de fabricação, etc); e para a identificação das dores, foi feito um mapeamento do fluxo de valor, considerando indicadores operacionais e de sustentabilidade. As principais dores levantadas foram: burocracia e dependência de papéis, gestão reativa e ausência de controle de *input* e *output* do processo industrial.

A terceira fase, de *design digital* da planta, se baseou no mapeamento e na priorização de soluções que auxiliam nesses gargalos encontrados. A participação das pessoas foi fundamental nessa etapa, visto que, foram questionadas sobre o que gostariam que fosse melhorado, considerando a confiabilidade dos dados, que é um pilar importante nesse contexto da inovação, auxiliando, assim, nesse mapeamento de soluções. A elaboração dos *business cases* para as soluções priorizadas também ocorreu nessa fase, sendo os projetos divididos em *waterfall* (voltados pra processos industriais) e *agile* (voltados para implementação de tecnologia). Também foi elaborado o *roadmap*, assim como foram definidos os facilitadores e a governança digital foi estruturada. As etapas para elaboração do *roadmap* estão mostradas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas para definição do *roadmap*



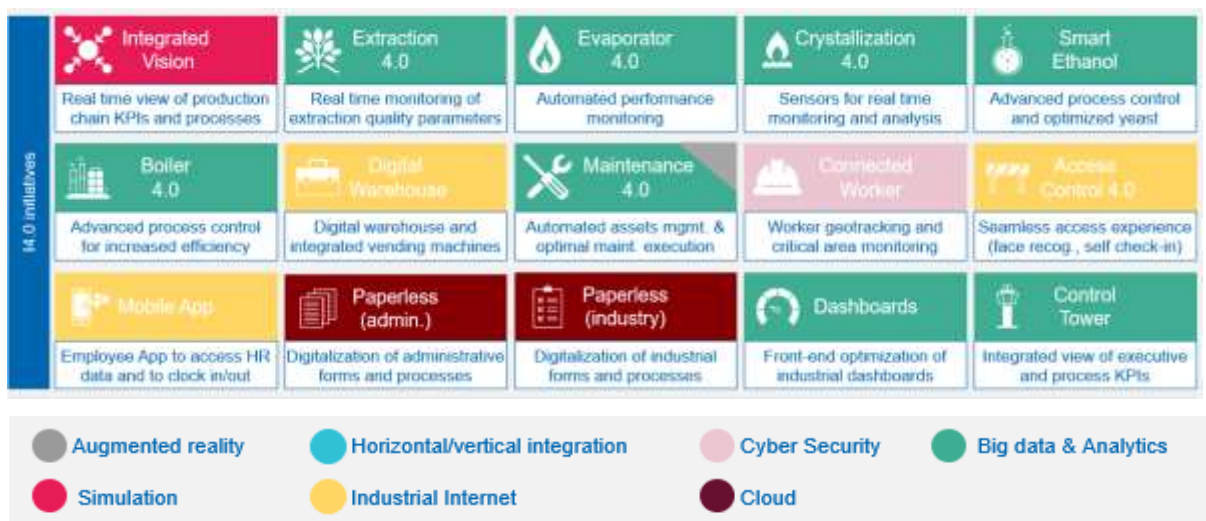
Fonte: Disponibilizado pela empresa

Os pontos de dores (mais de 200 identificados) foram afunilados em jornadas, que foram estruturadas fazendo o mesmo tipo de abordagem com diferentes níveis da organização, a fim de propiciar uma visão em nível operacional, gerencial e executiva. Integrando essas visões com o mapa de valor, as ideias começaram a ser separadas por área ou por processo, construindo

essa jornada da tecnologia implementada, tendo uma ou mais tecnologias resolvendo uma ou mais dores do processo da empresa. Quando avaliadas em nível financeiro e benefícios, as jornadas formaram os *business cases*, finalizando a etapa de construção do *roadmap*.

Os *business cases* foram divididos em pacotes menores, sendo cada pacote priorizado de acordo com seu impacto, considerando três critérios: ganhos financeiros, experiência e segurança. Cada critério foi utilizado para elaboração de um gráfico de barras, considerando todos os pacotes individuais. A priorização feita nessa etapa, resultou em 15 iniciativas, mostradas na Figura 2.

Figura 2 - Iniciativas da Indústria 4.0



Fonte: Disponibilizado pela empresa

Ressalta-se que realizou a separação dos pacotes considerando as 9 tecnologias abordadas anteriormente, sendo que apenas 2 tecnologias não foram utilizadas, sendo elas: robôs autônomos e manufatura aditiva.

A última fase, sendo ela, a de implementação, explicita a implementação de um piloto na primeira planta escolhida, com duração de 8 meses. Como uma das tecnologias já implementadas, tem-se o sistema gêmeo, que possibilita uma visão global detalhada de todos os setores da planta, acompanhamento dos indicadores de eficiência e acompanhamento das metas de produção vs simulado. Inicialmente, o setor piloto foi a destilaria, por já estar com a gestão da rotina mais avançada em comparação com outros setores. De forma geral, a implantação de simulador do processo tem como objetivo o aumento da confiabilidade e o monitoramento dos parâmetros relevantes em cada etapa da cadeia produtiva, assim como o

ajuste em tempo real das variáveis do processo, que permitem a transição de um modelo reativo, para um modelo preditivo de gestão da produção.

A necessidade de ter um sistema integrado também veio da implementação de sistemas que digitalizassem os processos administrativos (dentro da iniciativa de *paperless*), porém, que geravam disruptura na gestão da rotina já implementada. Assim, foi necessária uma reformulação da gestão da rotina, tornando-a digital, sabendo que o sistema gêmeo tinha um módulo que contemplava essa necessidade.

Essa reformulação da gestão digital foi facilitada pelo *digital twin*, na medida que, o sistema possui informações dos principais parâmetros de processo, exibição simplificada que indica se o parâmetro analisado está de acordo com a simulação *online*; informação do valor simulado e confiabilidade do parâmetro referente a cada turno, analisando a aderência da performance real e simulada em tempo real.

Outras tecnologias implementadas contemplam catracas de reconhecimento facial, sistema de gerenciamento de informações integrado e *app mobile*, buscando melhorar a eficiência e assertividade na interação da empresa com o empregado. As catracas de reconhecimento facial, em conjunto com totens de autoatendimento permitem a entrada, garantindo conformidade e segurança dos processos, assim como otimização de tempo (redução de filas), precisão das informações e rapidez no registro. Uma futura utilização desse controle é em relação a garantia do tempo entre jornadas de trabalho, por exemplo, se um colaborador for trabalhar sem ter respeitado as horas destinadas ao descanso, a catraca bloqueia a entrada. O sistema de gerenciamento promove a conexão entre pessoas e equipamentos, registrando e acessando dados em tempo real e em qualquer lugar, por meio de uma plataforma única, prática e interativa, mitigando o *gap* de burocracia e dependência de papéis. Alguns módulos já foram implementados, como exemplo: análise de causa, kaizen, planos de ação, lição ponto a ponto. Por fim, o aplicativo foi desenvolvido para melhorar a eficiência e assertividade na interação da empresa com o empregado. É utilizado tanto para o controle da gerência sobre suas equipes, quanto como um canal de comunicação com o funcionário, facilitando consultas de informações corporativas, como: dados cadastrais, holerite, informe de rendimentos, férias, consulta nos benefícios, ambiente de links, bater ponto.

A fase de expansão ainda não possui duração definida, mas é descrita como uma implementação em outras plantas. Para isso, é necessária uma governança bem definida do piloto realizado, assim como a padronização dos processos feitos.

5. Considerações finais

De fato, a Indústria 4.0 é uma vantagem competitiva, na qual as empresas estão buscando se reinventar e aderir. Por esse motivo, para o melhor entendimento e maior facilidade em entender como as empresas brasileiras estão se reinventando e se inserindo nesse novo contexto digital, o presente trabalho teve como objetivo, por meio de um estudo de caso em uma indústria do setor sucroenergético, apresentar quais foram as etapas de implementação e algumas tecnologias já implementadas, nos diferentes pilares da quarta era digital.

Foi observado que, as etapas de implementação realizadas pela empresa (preparação, criação, *design* digital da planta, implementação e expansão) tiveram grande importância na identificação dos *gaps*, seleção dos pacotes priorizados e definição de tecnologias digitais, que facilitam o entendimento dos benefícios por trás de cada iniciativa de implementação. Além disso, de acordo com a literatura, conclui-se que a empresa utiliza as tecnologias promissoras no desenvolvimento industrial brasileiro, como por exemplo, o sistema gêmeo, a fim da digitalização da fábrica, assim como a análise de dados e utilização da nuvem para armazenagem dos mesmos.

Também foi identificado que a literatura continha outras etapas de implementação, que se assemelham em alguns pontos da metodologia utilizada pela empresa, apesar de a literatura sugerir etapas mais generalizadas, que contemplam poucas fases antes da implementação, enquanto a metodologia abordada pelo estudo enfatiza o processo desde o início.

Além disso, pode-se concluir que a empresa estruturou suas etapas de implementação, assim com as tecnologias relacionadas com os objetivos estratégicos, construindo uma fábrica inteligente, sendo esse o pilar líder da quarta revolução industrial, permitindo que os sistemas físicos e virtuais trabalhem cooperativamente, integrando toda a cadeia de valor. Ou seja, a empresa está utilizando as tecnologias da 4.0 em prol dessa transformação digital e diferenciação no mercado.

Se tratando de indústrias brasileiras, a agilidade é um ponto crítico devido a falta de mão de obra qualificada, incentivo do poder público em relação a digitalização, burocracias e mudança de cultura da empresa. O fator da mão de obra qualificada, também pode ser analisado de forma direta com a cultura do país hoje, principalmente no quesito da educação; diversas escolas ainda são carentes em termos de recursos digitais, assim como disciplinas voltadas para inovação. Além disso, em termos de competitividade no mercado, a agilidade é um ponto crítico na implementação, sabendo que, o termo Indústria 5.0 já está sendo estudado.

Vale ressaltar que cada empresa possui suas limitações e seus diferentes tipos de processos, produtos finais, etc. Assim, o processo de implementação e a forma como as tecnologias da Indústria 4.0 se desdobram em iniciativas, não podem ser generalizados, necessitando de adaptação de empresa para empresa, processo a processo. Porém, apesar dessa limitação, é importante entender como as empresas brasileiras estão se adaptando e qual metodologia de implementação utilizam, assim como suas tecnologias, para que facilite a criação de uma metodologia de implementação por outras empresas, aumentando essa rede digital e trazendo essa otimização que a quarta era permite.

Por fim, como trabalhos futuros recomenda-se: promover estudos científicos sobre as dificuldades encontradas no processo de implementação e os efeitos das tecnologias da 4.0 a longo prazo, implementação do módulo de processos do sistema gêmeo e mudanças realizadas na infraestrutura da tecnologia da informação.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Fernanda. Indústria 5.0 : os desafios. **ANALYTICA**, 2020. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/industria-5-0-os-desafios/>. Acesso em: 25 de abr. 2021.

Azuma, R. T. "A survey of augmented reality." *Presence* 6, 4 (1997): 355-385.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. Panorama do Agro. 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=Em%202019%2C%20a%20soma%20de,R%24%20494%2C8%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 07 dez. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA-CNI. **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/d6/cb/d6cbfbba-4d7e-43a0-9784-86365061a366/desafios_para_industria_40_no_brasil.pdf. Acesso em: 01 jul. 2020.

DALENOGARE, L. S.; BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, 2018. DOI:10.1016/j.ijpe.2018.08.019.

DELOITTE. **Industry 4.0: Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. 2014. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2020.

GEISSBAUER, Reinhard; VEDSØ, Jesper; SCHRAUF, Stefan. **A Strategist’s Guide to Industry 4.0**, 2016.
Disponível em: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=7c4cf>.
Acesso em: 13 fev. 2021.

GIBSON, I.; ROSEN, D.; STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies**. New York: Springer, 2010.

GRIEVES, Michael. **Digital twin: Manufacturing Excellence through virtual factory replication**, 2015. p. 1.
Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication. Acesso em: 12 fev. 2021.

MATOS, Jhonata. **A Indústria 4.0 na economia brasileira: seus benefícios, impactos e desafios**. 2018.
Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23894>. Acesso em: 08 jun. 2020.

MUSSOMELI, Adam; GISH, Doug; LAAPER, Stephen. The rise of the digital supply network: Industry 4.0 enables the digital transformation of supply chains. **Deloitte: Insights**, 01 dez. 2016. Disponível em:
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-transformation-in-supply-chain.html>. Acesso em: 11 fev. 2021.

PARROT, A.; WARSHAW, L. Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match. **Deloitte: Insights**, maio 2017. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html> . Acesso em: 15 ago. 2020.

REID, Jack B.; RHODES, Donna H. Digital System Models: An investigation of the non-technical challenges and research needs. *In: CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH*, 2016. **Systems Engineering Advancement Research Initiative**, Massachusetts, E38-572, 2016. Disponível em:
http://seari.mit.edu/documents/preprints/REID_CSER16.pdf. Acesso em: 12 fev. 2021.

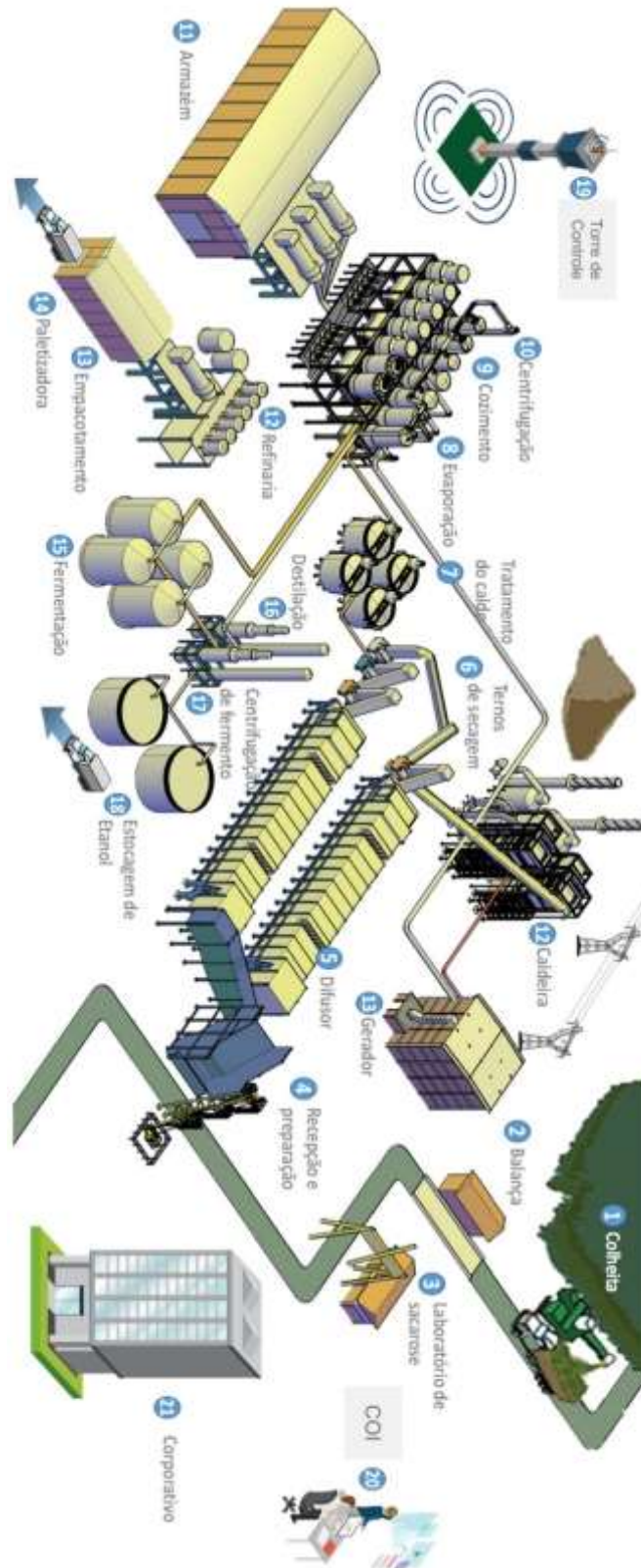
RÜßMANN, M; WALDNER, M. et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. Boston Consulting Group, 2015.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

XIA, F.; YANG, L. T.; WANG L.; Vinel, A. Internet of Things. **Int J Commun Syst.**; v. 25, n. 9, p. 1101–1102, 2012.

ZHOU, K.; TAIGANG, Liu; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS AND KNOWLEDGE DISCOVERY*. 12., 2015.

ANEXO A – Divisão dos setores para identificação de oportunidades



Fonte: Coletado da empresa