

TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0 E DESEMPENHO DE ENTREGAS: ESTUDO DE CASOS NO SETOR ALIMENTÍCIO

INDUSTRY 4.0 ENABLERS AND DELIVERY PERFORMANCE: CASE STUDIES IN THE FOOD SECTOR

ANDREA CRISTINA ELIAS RIBEIRO
UNIP

ANA LUCIA FIGUEIREDO FACIN
UNESP

MARCIA TERRA DA SILVA
UNIP

Agradecimento à órgão de fomento:

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP.

TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0 E DESEMPENHO DE ENTREGAS: ESTUDO DE CASOS NO SETOR ALIMENTÍCIO

Objetivo do estudo

O objetivo da presente pesquisa é descrever e discutir a utilização de tecnologias habilitadoras da I4.0 em duas grandes empresas do ramo alimentício nacional, tendo como foco o desempenho de entregas.

Relevância/originalidade

Apesar do avanço até o momento na literatura sobre o assunto, há mais a ser estudado. Trata-se de um tema emergente e trabalhos como este, que abordem a prática empresarial quanto à aplicação das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 são oportunos.

Metodologia/abordagem

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o conjunto de conceitos e práticas que compõem a Indústria 4.0 e a Estratégia de Manufatura. O desenvolvimento do conteúdo empírico foi baseado em estudos de caso de duas grandes empresas da indústria alimentícia brasileira.

Principais resultados

A implementação dos habilitadores da Indústria 4.0 teve impacto positivo em fatores como aceleração do tempo de execução das atividades logísticas e aumento da produtividade operacional. Esses aspectos acabaram por possibilitar maior confiabilidade e mais agilidade no desempenho competitivo de entrega.

Contribuições teóricas/metodológicas

Este trabalho, ao trazer análises e discussões quanto às expectativas em termos de produto, processo e benefícios decorrentes da implantação da I4.0, contribui para o desenvolvimento conceitual e aprofundamento teórico sobre o tema.

Contribuições sociais/para a gestão

A pesquisa provê reflexão e discussão quanto à prática empresarial em relação à aplicação de tecnologias relacionadas à I4.0 a partir do relato de entrevistados de duas grandes empresas da indústria de alimentos nacional, contribuindo ao melhor entendimento da gestão organizacional.

Palavras-chave: 4ª revolução industrial, iniciativas tecnológicas, estratégia de produção, objetivos estratégicos da manufatura, setor de alimentos

INDUSTRY 4.0 ENABLERS AND DELIVERY PERFORMANCE: CASE STUDIES IN THE FOOD SECTOR

Study purpose

The objective of this study is to reflect on and discuss the implications of using Industry 4.0 enabling technologies in the content of manufacturing strategy, more specifically with regard to the competitive dimension delivery performance.

Relevance / originality

Despite the advances present in the literature on the subject, there is more to be studied. It is an emerging topic and researches like this one, which address business practice regarding the application of Industry 4.0 technologies, are opportune.

Methodology / approach

A bibliographical review was carried out on the set of concepts and practices that make up Industry 4.0 and Manufacturing Strategy. The development of empirical content was based on case studies of two large companies in Brazilian food industry.

Main results

It was observed that Industry 4.0 enablers implementation had positive impact on factors, such as, acceleration of logistical activities execution time and increase operational productivity. These aspects ended up making possible greater reliability and more agility in the delivery competitive performance.

Theoretical / methodological contributions

This study, by bringing analyzes and discussions regarding expectations in terms of product, process and benefits arising from the implementation of I4.0, contributes to the conceptual development and theoretical deepening on the subject.

Social / management contributions

The research provides reflection and discussion of business practice and organizational management in relation to the application of technological initiatives related to Industry 4.0 based on the report of interviewees from two large companies in the national food industry.

Keywords: 4th industrial revolution, technological initiatives , production strategy, strategic manufacturing objectives , food sector

TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0 E DESEMPENHO DE ENTREGAS: ESTUDO DE CASOS NO SETOR ALIMENTÍCIO

1 Introdução

O ambiente empresarial tem vivido um momento de constantes mudanças resultantes de alterações tecnológicas (Kang et al., 2016; Brettel et al., 2014), na sociedade e no mercado consumidor. Sucessivas flutuações de mercado e exigências por produtos melhores, mais customizados e entregues com rapidez (Ford & Despeisse, 2016; Zheng et al., 2018) dificultam grandemente o trabalho de planejamento empresarial.

Neste contexto, teve início uma nova era industrial na qual, para competir em um ambiente tão dinâmico, as organizações viram a necessidade de serem mais ágeis e proativas. As chamadas ‘*smart factories*’ (fábricas inteligentes) presentes na Indústria 4.0 (I4.0) têm mostrado ser a resposta que satisfaz o mercado (Zheng et al., 2018). Rompendo com os padrões até hoje conhecidos de tecnologia, projeto, processo e gestão, a intenção é que tais instalações ajam como organismos vivos com capacidade de aprendizagem, de forma a adequar-se às mais variadas situações fabris.

Este cenário trouxe consigo mudanças significativas nos modos de produção (Ford & Despeisse, 2016). Progressivamente, a atual realidade tem levado organizações a repensarem suas políticas estratégicas para a função produção em relação a suas prioridades (ou dimensões) competitivas: custos, qualidade, desempenho de entregas e flexibilidade (Enrique et al., 2022; Kang et al., 2016).

Vale ressaltar que apesar do avanço presente até o momento na literatura sobre a Indústria 4.0, há mais a ser estudado para aprofundamento tanto do entendimento teórico (Thoben et al., 2017), quanto empírico sobre o tema. Considerando que se trata de um campo de estudo emergente e que as tecnologias associadas à I4.0 estão em constante evolução (Enrique et al., 2022), são oportunos trabalhos que abordem a prática empresarial quanto à aplicação das tecnologias que habilitam a implantação deste novo modelo industrial e seus desdobramentos para as diferentes áreas organizacionais, para organizações como um todo, para mercados concorrenciais e para os ambientes de negócio.

Neste sentido, o objetivo da presente pesquisa é descrever e discutir a utilização de tecnologias habilitadoras da I4.0 em empresas do ramo alimentício, tendo como foco o desempenho de entregas. Trata-se de duas grandes organizações, uma delas com atuação no Brasil e no exterior, que comercializam uma ampla variedade de linhas de produtos.

Durante o desenvolvimento do estudo, os entrevistados salientaram a relevância de aspectos relacionados à entrega, como rapidez, assertividade e cumprimento de prazos, como fator competitivo. Mais ainda, devido à Indústria 4.0, a indústria de alimentos tem vivenciado rápidas e constantes mudanças (Akyazi et al., 2020). Deste modo, a questão de pesquisa pode ser sintetizada da seguinte forma: considerando uma abordagem de estratégia de produção, como as tecnologias habilitadoras da I4.0 influenciam na prioridade competitiva ‘desempenho de entregas’?

Este trabalho, ao trazer as expectativas em termos de produto, processo e benefícios decorrentes da implantação da I4.0, contribui para o desenvolvimento conceitual e aprofundamento teórico sobre o tema. Empiricamente, a pesquisa provê investigação e reflexão quanto à aplicação de iniciativas tecnológicas relacionadas à Indústria 4.0 a partir do relato de entrevistados de duas grandes empresas da indústria de alimentos nacional.

Quanto à apresentação do conteúdo, em um primeiro momento tem-se uma revisão da literatura que contempla os temas tratados: Indústria 4.0, estratégia de manufatura e desempenho de entregas. Na sequência, é exposto o método de pesquisa utilizado, discriminando procedimentos empregados. A discussão versa sobre impactos no desempenho de entregas a partir da implantação de tecnologias, principalmente aquelas nominadas como habilitadoras da Indústria 4.0, em duas empresas do setor alimentício. Finalizando, a conclusão traz as considerações finais do estudo e aponta possibilidades de pesquisas dentro da temática tratada.

2 Referencial Teórico

2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é considerada uma nova etapa na evolução industrial na qual se destaca uma maior integração entre os sistemas de operações da manufatura e as tecnologias de informação e comunicação, visando a melhoria do desempenho das indústrias. No contexto operacional, as tecnologias digitais têm sido empregadas com o propósito de reduzir tempo de preparação de máquinas, custos de mão de obra e de materiais, tempo de processamento, e aumentar a produtividade dos processos de produção (Dalenogare et al., 2018; Tian et al., 2023).

Sua aplicação faz amplo uso da conectividade resultante principalmente do emprego da internet (Brettel et al., 2014) e os conceitos a ela associados apresentam um extenso leque de aplicações (Zheng et al., 2018). Certo conjunto de iniciativas tecnológicas tem sido relacionado como elementos habilitadores de sua adoção. Tais tecnologias são elencadas e resumidamente descritas no quadro apresentado na Figura 1.

O grupo de tecnologias aqui elencadas possivelmente não esgota a relação de iniciativas tecnológicas aplicáveis à I4.0, especialmente quando se considera que podem despontar novas tecnologias a serem integradas a este conjunto, como também podem ser elaborados novos usos para as atuais tecnologias.

A Indústria 4.0 traz consigo também a promessa de promover: i. integração horizontal (Thoben et al., 2017; Bonilla et al., 2018) por estimular o trabalho conjunto entre organizações, constituindo redes colaborativas (Brettel et al., 2014), além de possivelmente resultar no surgimento de novas redes de valores e modelos de negócios (Wang et al., 2016; Brettel et al., 2014); ii. integração vertical, com fluxo de dados estabelecido entre os diferentes níveis hierárquicos de planejamento (Thoben et al., 2017; Bonilla et al., 2018), viabilizando a operação de sistemas produtivos reconfiguráveis e com capacidade de auto-organização (Wang et al., 2016).

No que concerne especificamente à função produção no cenário da Indústria 4.0, percebe-se a necessidade de uma mudança de paradigma da manufatura automatizada para o conceito de manufatura inteligente (*smart manufacturing*) (Thoben et al., 2017). Sendo esta última, por vezes, entendida como uma das forças propulsoras da nova revolução industrial (Kang et al., 2016). Considerando que sistemas do tipo *smart manufacturing* apresentam habilidade de responder de forma assertiva e com maior rapidez às variações da demanda de mercado (Zheng et al., 2018; Kang et al., 2016), é plausível ponderar que sua aplicação acarreta em melhores condições competitivas para as empresas que os implementam.

Enquanto sistemas produtivos tradicionais trabalham com recursos limitados e predeterminados, estabelecem processos de produção que seguem rotas fixas, não fazem uso de comunicação entre máquinas e/ou equipamentos, utilizam sistemas de controle independentes e não adotam um sistema de comunicação integrado; sistemas de manufatura com características *smart* operam com um variado conjunto de recursos, propiciam diversificação

do roteiro de produção de acordo com a necessidade do processo produtivo, empregam redes que conectam e integram máquinas, produtos, sistemas de informação e pessoas, possibilitam que o controle seja ‘negociado’ pelas entidades do processo e empreendem sistemas de comunicação integrados com capacidade de coletar e analisar uma grande quantidade de dados (*Big Data*) (Wang et al., 2016).

| Tecnologia | Citado por: |
|---|---|
| Sistemas ciber físicos (<i>Cyber Physical Systems – CPS</i>): termo que se refere à combinação e coordenação de recursos computacionais e elementos físicos (National Science Foundation, 2023). Por meio de sensores e atuadores, sistemas automatizados conectam operações da realidade com infraestrutura de computação e comunicação, desenvolvendo uma rede que integra vários dispositivos. | Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Kamble et al. (2018), Schneider (2018), Abdullah et al. (2022), Martins et al. (2019). |
| Internet das Coisas (<i>Internet of Things – IoT</i>): combina diversas tecnologias com objetivo de conectar dispositivos entre si, promovendo comunicação entre máquinas, bem como, entre máquinas e humanos. | Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Kamble et al. (2018), Martins et al. (2019), Zhang e Chen (2020), Javaid et al. (2021), Allaid et al. (2019). |
| Internet dos Serviços (<i>Internet of Services – IoS</i>): viabiliza disponibilização, contratação/comercialização e entrega/distribuição de serviços pela internet (Reis et al., 2022). Tais serviços podem ou não estar agregados a produtos. | Kang et al. (2016), Brettel et al. (2014), Thoben et al. (2017), Lu (2018). |
| Inteligência Artificial: aplica-se a máquina, equipamentos ou qualquer tipo de dispositivo que possui a capacidade de simular o raciocínio humano. Some-se a isso a habilidade de aprender (<i>machine learning</i>). | Zheng et al. (2018), Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Javaid et al. (2021). |
| Manufatura aditiva: contempla um conjunto de tecnologias de fabricação nas quais a produção de um item é feita pela deposição de material camada por camada, permitindo a fabricação de objetos 3D. | Kang et al. (2016), Zheng et al. (2018), Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Abdullah et al. (2022), Javaid et al. (2021), Oztemel e Gursev (2020). |
| Modelagem e simulação: diz respeito à ‘virtualização’ por meio de modelagem matemática e computacional. Possibilita testagem de produtos, equipamentos, sistemas produtivos e, de modo geral, diferentes situações antes que os mesmos se tornem realidade (Abdullah et al., 2022). | Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Kamble et al. (2018), Abdullah et al. (2022), Oztemel e Gursev (2020). |
| Nuvem: empresas especializadas disponibilizam, via internet, serviços em nuvem que podem ser acessados por qualquer dispositivo, de qualquer local. Uma de suas vantagens é a possibilidade de otimização do esforço computacional. | Kang et al. (2016), Muhuri et al. (2019), Abdullah et al. (2022), Javaid et al. (2021), Oztemel e Gursev (2020). |
| Realidade Aumentada e Realidade Virtual: a primeira permite a inserção de elementos virtuais em um ambiente real. Já no segundo caso, trata-se de um ambiente totalmente virtual. | Kang et al. (2016), Enrique et al. (2022), Muhuri et al. (2019), Kamble et al. (2018), Abdullah et al. (2022), Javaid et al. (2021), Oztemel e Gursev (2020). |
| <i>Big Data Analytics</i> (BDA): diz respeito à capacidade de coletar, armazenar e tabular uma grande quantidade de informações. | Kang et al. (2016), Kamble et al. (2018), Lu (2018), Abdullah et al. (2022), Oztemel e Gursev (2020). |
| Block Chain (BC): mais utilizado até o momento na realização de transações, codifica informações no formato criptografado, montando blocos. Tem como características: durabilidade, transparência, integridade de processo, imutabilidade e rastreabilidade (Abdullah et al., 2022). | Abdullah et al. (2022), Martins et al. (2019), Zhang e Chen (2020), Javaid et al. (2021), Allaid et al. (2019). |

Figura 1 – Tecnologias relacionadas à I4.0 e obras de referência.

O uso combinado e integrado das tecnologias habilitadoras da I4.0 gera uma série de expectativas em relação ao processo produtivo, conforme apresentado na Figura 2.

| Camadas de aplicação | Expectativa |
|--|---|
| Processamento de dados da produção | Processo automatizado de planejamento e controle |
| Comunicação Máquina-Máquina (M2M) | Serviços de WEB (softwares M2M) |
| Conectividade corporativa com a produção | Soluções de TI em rede interdepartamental |
| Infraestrutura de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na produção | Fornecedores/Clientes estão plenamente integrados na configuração do processo |
| Interface Homem-Máquina | Realidade aumentada e assistida |
| Eficiência na produção de pequenos lotes | Produção modular em rede de valor, dirigida pelo componente |

Figura 2 – Caixa de Ferramentas Indústria 4.0 para produção. Adaptado de Anderl (2023)

As perspectivas em relação à adoção dos conceitos e práticas da Indústria 4.0 apontam também para a viabilidade de implementação de uma manufatura com características sustentáveis decorrente do emprego de sistemas produtivos que fazem uso eficiente de recursos e reduzem a emissão de substâncias danosas, bem como pelo uso de materiais ‘amigos do meio ambiente’ e capacidade de otimização dos processos de fabricação (Kang et al., 2016).

2.2 Estratégia de produção e desempenho de entregas

Ao desenvolver uma estratégia de produção (estratégia de manufatura ou estratégia de operações) há dois conjuntos de questões que devem ser considerados: i) questões relativas ao conteúdo de uma estratégia de manufatura, que compreende os fatores que determinam a tomada de decisões com respeito aos processos cotidianos; ii) questões relativas ao processo da estratégia, que se referem ao modo de elaboração da mesma (Mills et al., 1995).

Neste trabalho, o foco está na consideração do conjunto de aspectos pertinentes ao conteúdo de uma estratégia de produção, o que inclui as prioridades (ou dimensões) competitivas da produção e suas áreas de decisão (Wheel Wright, 1984).

Aplicadas no nível funcional as prioridades competitivas (ou objetivos da manufatura, ou missões da manufatura) são: custo, qualidade, desempenho de entregas, flexibilidade e serviços (Garvin, 1993). Com a evolução das pesquisas neste campo de estudo, há autores que propõem a incorporação do elemento inovatividade como prioridade competitiva da manufatura, significando a capacidade que uma organização apresenta de criar inovação e introduzir novos produtos/serviços em sua produção (Alves Filho et al., 1995). Outros estudiosos trazem à tona aspectos relativos à gestão ambiental como quesito significativo na composição de uma estratégia de manufatura como característica competitiva (Silva et al., 2009). Já Abdullah et al. (2022) acrescentam à lista de prioridades da manufatura o aspecto performance, entendido como o conjunto de características que um produto possui que lhe permite fazer coisas que outros não fazem.

No que trata especificamente do desempenho de entregas, para Garvin (1993), velocidade e confiança no cumprimento dos prazos caracterizam-se como armas competitivas. O mesmo autor argumentou que outra preocupação no contexto da entrega é o sistema de emissão e processamento de pedidos, sendo de interesse do cliente que o fornecedor lhe propicie flexibilidade e facilidade nos pedidos.

Mais ainda, a empresa que busca esta prioridade deve estar apta a mudar seu roteiro de entrega na ocorrência de algum caso especial (flexibilidade de expedição), bem como

responsabilizar-se pelos custos de retorno de um produto e cuidar para que este retorno seja rapidamente processado (Garvin, 1993).

Uma organização que pratique uma estratégia de manufatura que tenha como prioridade o desempenho de entregas deve contemplar fatores como precisão, perfeição, confiabilidade, disponibilidade e velocidade. Isso significa cuidar para ter em estoque no tempo certo a quantidade suficiente dos itens determinados em pedido, tornando possível entregá-los no prazo combinado com o cliente. Além disso, o fornecedor deve atentar para que os produtos não sejam danificados durante o transporte, cuidando da qualidade de entrega.

Ao realizarem um levantamento bibliográfico sobre estratégia de manufatura em 18 trabalhos, Silva et al. (2009) encontraram o termo desempenho de entregas sendo tratado de uma forma geral como rapidez (*speed*) e desdobrado nos em quesitos, a saber:

- Confiabilidade (*dependability/reliability*): contemplando o fator entrega dentro do prazo combinado;
- Agilidade (*agility*)/ Tempo (*time*): considerando a capacidade de oferecer rapidez na entrega, abrangendo o período desde o pedido até a realização da entrega.

A Tabela 1 explicita a frequência de citação de cada um dos termos nos 18 trabalhos analisados.

Tabela 1 – Frequência de citação dos termos relacionados à entrega. Adaptado de Silva et al. (2009)

| Termo | Frequência de citação |
|----------------|------------------------------|
| Confiabilidade | 14 |
| Agilidade | 13 |
| Tempo | 1 |

Em duas pesquisas, o item rapidez não é relacionado como componente da estratégia de manufatura. Por outro lado, em 12 das pesquisas consideradas, os autores citam a rapidez como elemento estratégico da função produção e apontam a importância da prática conjunta dos quesitos confiabilidade e agilidade.

3 Metodologia

O método empregado neste trabalho tem caráter exploratório e como estratégia de pesquisa fez-se uso de um estudo de casos (Yin, 1981). Tal estratégia mostrou-se adequada à conjuntura desta pesquisa, uma vez que permite compreender aspectos relacionados a ‘como/por que’ sobre acontecimentos contemporâneos (Yin, 2005).

Para elaboração da revisão bibliográfica foi realizada uma consulta a livros e trabalhos que proporcionaram conhecimento de conceitos já consolidados sobre o tema. Também se realizou um estudo bibliográfico em periódicos no intuito de verificar o estado da arte e aprofundar o conhecimento quanto ao entendimento recente sobre o assunto. Nesta etapa, como base para pesquisa foram utilizados bancos de dados científicos e portais de periódicos, sendo eles: *Web of Science* e *Google Scholar*. A busca focou em trabalhos que apresentassem no campo Tópico (inclui título, resumo, palavras chave e palavras chave *plus*) os termos: desempenho de entregas (*delivery performance*), Indústria 4.0 (*Industry 4.0*), estratégia de manufatura (*manufacturing strategy/ operation strategy*), rapidez de entrega (*speed delivery*), agilidade de entrega (*agility delivery*) e logística 4.0 (*logistics 4.0*).

Para o desenvolvimento da parte empírica do trabalho, conforme comentado, foi elaborado um estudo de casos em duas grandes empresas do setor alimentício com atuação no Brasil. Para preservar a identidade e as informações, tais organizações são aqui tratadas como Empresa A e Empresa B.

O estudo de casos se deu com base na transcrição e análise de entrevistas em profundidade (Ribeiro, 2008) com um profissional em cada uma das empresas. Tais entrevistas foram conduzidas com auxílio de um questionário semiestruturado.

4 Análise dos resultados e Discussão

4.1 Empresa A

A primeira organização objeto de estudo é uma multinacional do ramo alimentício com matriz nos EUA e que no Brasil possui 2 fábricas e 1 escritório. Desde 2013, utilizando 3 marcas, a empresa comercializa mais de 200 produtos no mercado brasileiro, sendo os principais ketchup, molhos, condimentos e conservas.

A entrevista foi realizada com um profissional em cargo de gerência de Tecnologia de Informação e *Supply Chain* (Cadeia de Suprimentos) com mais de 10 anos de experiência e as informações aqui consideradas dizem respeito à produção de Ketchup.

Segundo reportado pelo entrevistado, a empresa há tempos vem fazendo investimentos em iniciativas digitais e apresenta uma cultura voltada para a inovação. A organização instituiu um período do ano formalmente dedicado a apresentação e discussão de projetos envolvendo propostas inovadoras. Fora desse período, o profissional da empresa que apresentar uma ideia de interesse da organização, a ser implementada por ela, recebe bonificação financeira. Existem projetos de longo prazo para a implantação de tecnologias e ferramentas habilitadoras da I4.0, tendo ocorrido anualmente aumento do montante financeiro destinado a tais projetos.

No que tange ao uso de ferramentas da Tecnologia da Informação (TI), a empresa adota uma variedade delas, algumas dedicadas especificamente ao planejamento da produção e outras de escopo mais geral. Pode-se citar como exemplo de que a digitalização tem sido uma prioridade o fato de que, para estimular o emprego dos softwares adquiridos pela empresa, o presidente determinou a eliminação do uso e a desinstalação nos computadores de aplicativos de planilha.

O quadro apresentado na Figura 3 traz a análise dos dados considerando impactos da aplicação de ferramentas da Tecnologia de Informação, bem como, tecnologias habilitadoras da I4.0 nos aspectos Confiabilidade e Agilidade/Tempo da estratégia de produção. Como evidência da ocorrência de tais impactos em função do uso das tecnologias citadas utilizou-se as palavras do entrevistado.

O entrevistado da empresa A mencionou ainda que o sensoriamento do processo produtivo permitiu que dados relacionados aos equipamentos (como tempos de parada) e informações pertinentes ao processo produtivo (como perdas) sejam capturados por softwares específicos, consolidados no sistema de informação da empresa e tratados via *Big Data Analytics*. Assim, foi possível ter informações precisas e confiáveis, o que viabilizou melhorias nas atividades de planejamento.

Para mais, *Big Data* e Computação em Nuvem têm promovido agilidade de rastreamento de itens, exigência criteriosa dos órgãos de inspeção do setor. Como resultado, no caso da necessidade de rastreio de um lote de produto acabado já no mercado, o que anteriormente levava 10 dias, hoje é feito em minutos.

Foi comentado que a empresa tem investido significativamente no processo de planejamento da demanda, tendo em vistas a implantação de um sistema de planejamento de demanda que possibilitará o estabelecimento de uma rede colaborativa entre compradores e fornecedores. Esta forma de integração horizontal tem potencializado tanto a assertividade da previsão de demanda, quanto a transparência de dados e informações.

| Tecnologia | Ação/Prática | Impacto | Evidências (falas Entrevistado) |
|--|--|---|---|
| Confiabilidade | | | |
| Sistemas Informatizados para planejamento e controle da produção | Uso de <i>software</i> de Cálculo de Necessidade de Materiais | Assertividade na previsão de demanda, influenciando no fator disponibilidade de produto | <i>Pra você ter noção, o Brasil, há algum tempo atrás, ele tinha uma assertividade de demanda de venda menor que 40% ... Hoje nós estamos em 78%, ... eu passo a produzir com maior assertividade.</i> |
| Sistemas Informatizados para Logística | Uso de sistema informatizado de roteirização e rastreamento | A escolha das rotas interfere na velocidade e segurança da entrega. Já o rastreamento viabiliza a obtenção de informações pertinentes à confiabilidade de entrega | <i>... eu consigo oferecer uma transparência de onde está a mercadoria do cliente... Ele (o software) mostra a probabilidade de atraso, quando vai chegar, nome do motorista, placa do caminhão, ...</i> |
| Agilidade/Tempo | | | |
| Automação/Digitalização | Acesso, locomoção e descarga do veículo controlado via etiquetas de Identificação por Radiofrequência (RFID) | Agilidade de inspeção, podendo gerar impacto positivo no tempo total de processamento | <i>A gente perdia muito tempo controlando o blend, que é a mistura daquele tomate... a gente perdia muito dinheiro, milhões e milhões de dólares.</i> |
| Inteligência artificial e IoT | Classificação dos tomates conforme informação capturada por imagem e separação automática na esteira | Agilidade de inspeção e separação de matéria prima, gerando impacto positivo em termos de tempo total do processo | <i>Conforme ele (tomate) vai entrando, tem uma câmera que ela vai tirando fotos do tomate e ela sabe qual está bom, qual está verde... Aí vem tipo uma lâmina que vai chutando o tomate da linha e ele vai caindo dos lados conforme a coloração dele, para você ter assertividade maior no blend do tomate. Então... tem uma série de tecnologias, que isso é o IoT, que é a internet das coisas [...]</i> |
| Automação/Digitização | Drones fazem contagem de inventário por meio de etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) | Agilidade controle de estoques (além de maior assertividade de disponibilidade – relacionada a confiabilidade de entrega) | <i>Agora as etiquetas de Warehouse têm um RFID dentro delas. Aí o drone passa voando, ele vai lendo as RFID's e conta tudo em questão de minutos. O cara levava um dia inteiro para fazer.</i> |
| Automação e robotização | Robôs utilizados nos armazéns em atividades de coleta do produto acabado e carregamento dos veículos | Incremento de produtividade nas operações de armazenagem, potencializando agilidade de entrega | <i>Quando o cara compra, ele (o sistema) emite a ordem de picking (separação/coleta), então o robô vai pegando os pallets e vai separando para colocar nos caminhões.</i> |

Figura 3 – Tecnologias utilizadas na empresa A e seus impactos no desempenho de entregas

4.2 Empresa B

Trata-se de um fabricante de bebidas alcoólicas e não alcoólicas com diversas marcas no mercado nacional. A organização, fruto da união de duas grandes empresas do setor, iniciou suas operações no final da década de 1990.

O entrevistado, neste caso, atua como responsável pela produção na área operacional de fabricação de cerveja. Para ele, houve certa demora por parte da empresa no que diz respeito à adoção de iniciativas tecnológicas. Mais ainda, as diversas fábricas têm diferentes idades, o que resulta em uma significativa desproporção quanto ao nível de tecnologia implantado em cada uma das plantas.

Na Figura 4 constam ponderações quanto a implicações da adoção de tecnologias habilitadoras da I4.0, nos elementos Confiabilidade e Agilidade/Tempo, à luz das colocações do entrevistado.

A empresa empreende alto grau de verticalização em sua cadeia de suprimentos, um exemplo disso é que a organização optou por fabricar ela mesma um de seus modelos de garrafa, ao invés de comprar de terceiros. Essa prática de fazer internamente se estende à aplicação de tecnologia, uma vez que, no caso de novas fábricas, é política da empresa adquirir equipamentos com o nível requerido de tecnologia de fornecedores especializados, porém qualquer adaptação necessária é realizada internamente. Para plantas que estão há mais tempo em operação, atualizações são projetadas e implementadas por equipes da própria empresa, que tem profissionais dedicados a estas atividades.

Para o entrevistado, está em curso uma mudança cultural na empresa e, se por um lado a adoção de tecnologias habilitadoras da I4.0 (como automação, *machine learning*, *Big Data* e Computação em Nuvem) no processo produtivo resultaram em ganhos significativos, por outro lado, a empresa ainda vivencia diversos problemas estruturais que dificultam o avanço nesse quesito, por exemplo, falta de internet nos armazéns.

Em suas considerações, o entrevistado observou que o foco atual de aplicação de iniciativas tecnológicas está nos processos de logística e vendas. Em algumas plantas da empresa, o controle de estoque ainda ocorre de forma totalmente manual e existem projetos de implementação de etiquetas de Identificação por Radiofrequência (RFID) que poderão possibilitar a obtenção de dados mais assertivos e confiáveis, além de acelerar a contagem de produtos.

Possivelmente a concentração da adoção de tecnologia nas áreas de logística e vendas se justifique em duas outras falas do entrevistado, são elas:

- *“a rede de distribuição da empresa constitui um diferencial que lhe permite entregar ao seu cliente varejista no dia seguinte à realização do pedido...”* e
- *“tempo de entrega está cada vez mais importante no setor...”*.

Tais comentários permitem refletir quanto ao peso competitivo do desempenho de entregas neste ramo industrial.

5 Considerações finais

No caso das empresas estudadas, por comercializarem produtos que devem estar disponíveis ao cliente final no ato da compra, no momento e no local desejados, é de se esperar certa atenção com o desempenho de entregas. Pôde-se verificar a adoção de iniciativas tecnológicas habilitadoras da I4.0 como automação, digitalização, *Big Data Analytics*, IoT, *Smart Machine*, *Machine Learning* e Inteligência Artificial. O emprego destas tecnologias impulsionou incrementos nas atividades gerenciais.

| Tecnologia | Ação/Prática | Impacto | Evidências (falas Entrevistado) |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Confiabilidade | | | |
| Automação | Utilização de câmera para captar o cansaço do motorista | Permite acompanhamento da condição física do motorista, fator que pode influenciar em confiabilidade/perfeição e qualidade da entrega | <i>É segurança pensando no trabalhador e segurança pensando também na nossa carga.</i> |
| Digitalização | Uso de dispositivos de rastreamento | A rastreabilidade em tempo real gera dados e dados de confiabilidade e certeza da entrega | <i>Na parte da logística a gente usa bastante tecnologia para acelerar nosso carregamento... além de toda a rastreabilidade (veículo).</i> |
| Agilidade/Tempo | | | |
| Automação/ Digitalização | Na portaria o sistema captura a placa do veículo. Com este dado, já se sabe qual produto será carregado. Quando o veículo chega ao armazém, o pedido já está separado. | Ganho de produtividade na expedição, possibilitando aceleração da entrega | <i>Falando um pouco de ganho, quando eu falo em atender o caminhão mais rápido, isso é um ganho que você tem por operador [...]. Agilizando atendimento eu consigo ganhar market share, consigo ganhar mercado.</i> |
| Automação/ Smart machine | Sensores capturam dados e equipamentos inteligentes estipulam os parâmetros produtivos. | Incremento na produtividade de processo | <i>Nisso a tecnologia trouxe muito ganho para a empresa.</i> |
| Automação/ Digitalização | Processo automatizado (supervisório) | Agilidade no processo produtivo | <i>O operador [via computador] vai realizando as tarefas que ele tem que fazer e isso geralmente está tudo automatizado já, ou seja, ela quer descarregar 1 tonelada de malte... ele já consegue descarregar tudo de uma vez, já vai para o tanque certinho, já controla o tempo.</i> |
| Big Data/ Computação em Nuvem | Dados arquivados em Nuvem | Possibilidade de assertividade e celeridade na tomada de decisão, potencializando velocidade de ação e melhoria nos resultados | <i>Os dados vão te guiar para você tomar as atitudes que são necessárias.</i> |
| Automação | Tecnologia de processo (equipamento) | Agilidade no processo produtivo | <i>... toda vez que ia deixar de fazer a cerveja x para fazer a cerveja y, eu tinha que trocar todo o equipamento, isso eu perco 1 dia de produção, é bem demorado... Hoje a gente está trabalhando com linhas flex. Fica mais fácil... você consegue rodar as duas.</i> |
| Smart machine / machine learning | Presença de sensores de imagem e máquinas inteligentes que capturam e disponibilizam dados em tempo real | Celeridade na tomada de decisão, potencializando velocidade de ação | <i>... a gente já tem um sistema na própria máquina que capta que o problema aconteceu. [...] para aprendermos quando preciso parar o sistema (para verificação da necessidade de algum tipo de ação).</i> |

Figura 4 - Tecnologias utilizadas na empresa B e seus impactos no desempenho de entregas

Deste modo, em resposta à questão de pesquisa, pode-se considerar que, no caso das organizações pesquisadas, a aplicação de tecnologias habilitadoras de Indústria 4.0 impactou nos fatores agilidade/tempo e confiabilidade da dimensão competitiva desempenho de entregas, tendo promovido: i. celeridade na tomada de decisão; ii. melhoria nas atividades de planejamento por possibilitar maior assertividade de previsão de demanda; iii. aprimoramento das operações logísticas de roteirização e rastreamento, além de agilização das tarefas de armazenagem como controle de estoque, expedição, inspeção e separação de materiais; iv. ganho de produtividade no processo de fabricação ao possibilitar redução de tempos de inspeção de matéria prima e processamento.

Conforme o que foi reportado pelo entrevistado, a Empresa A já pratica ações que objetivam agilidade de entrega e neste momento trabalha no sentido de aprimorar suas atividades relacionadas à disponibilização de informações referentes à entrega, promovendo transparência neste quesito, o que leva a considerar certo foco no aspecto confiabilidade.

No caso da Empresa B, o entrevistado relatou que, uma vez que os concorrentes se igualaram a ela em termos de alcance de distribuição, o fator velocidade de entrega passou a despontar como um diferencial competitivo e, portanto, a organização tem implementado ações direcionadas ao aspecto agilidade/tempo de entrega.

Uma preocupação mostrou-se comum às duas organizações pesquisadas, a oferta de ferramentas de vendas diretas, o que mesmo não intencionalmente pode ser entendida como uma forma de promover a facilidade de pedidos. Neste sentido, a Empresa B já possuía uma plataforma que possibilitava (inclusive para clientes pessoa física) a realização de pedidos a qualquer momento, sem intermediários. Com a pandemia da COVID19, a organização trabalhou no sentido de intensificar a utilização desta plataforma de vendas. O mesmo se deu com a Empresa A, que passou a negociar diretamente com consumidores finais como restaurantes e hamburguerias.

Foi possível perceber nas organizações observadas a presença de distintas abordagens em relação às práticas de implantação da Indústria 4.0. Por exemplo, a empresa A opta por adquirir ferramentas tecnológicas de fornecedores especializados existentes no mercado, enquanto a Empresa B adota uma política de desenvolver internamente os recursos tecnológicos que necessita. Cada uma a seu modo, as duas empresas vêm avançando na aplicação das tecnologias habilitadoras da I4.0 e parece haver por parte delas intenção de continuar a evoluir neste caminho. Neste sentido, o entrevistado da empresa A comentou que a organização tem projetos e planos formalmente traçados com previsão de expressivos investimentos financeiros para os próximos anos na implantação de iniciativas 4.0. No que trata da Empresa B, a mesma estabeleceu recentemente em seu modelo de negócio um segmento especializado em oferecer serviços de consultoria em inovação, automação e tecnologia.

Faz-se interessante elencar dificuldades comentadas pelos entrevistados em relação à implantação da Indústria 4.0 como altos custos de investimentos, altos custos fiscais, falta de recursos humanos com qualificação necessária, necessidade de forte preocupação com segurança dos dados e rigorosas normas sanitárias e ambientais.

O presente trabalho não teve como objetivo exaurir o assunto. A finalidade foi proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo, suscitando debate e contribuindo para a produção acadêmica sobre o tema. Para mais, ao trazer estudos de casos com descrição, análise e discussão das atividades empresariais relacionadas às tecnologias habilitadoras da I4.0 de duas organizações, esta pesquisa contribuiu por trazer aprofundamento dos conhecimentos das práticas organizacionais. Os casos aqui discutidos são representativos, apresentando diferentes nuances das aplicações da Indústria 4.0, valendo ainda considerar que a empresa A é multinacional e tem, na medida do possível, trazido para suas unidades produtivas brasileiras as mesmas políticas e práticas gerenciais que adota em suas demais fábricas ao redor do mundo.

Uma vez que o campo de estudo explorado nesta pesquisa é altamente dinâmico, trabalhos futuros poderão tratar de investigação quanto à evolução conceitual do tema, bem como, quanto a aspectos empíricos relacionados à implementação das tecnologias associadas à I4.0, podendo considerar, por exemplo, diferentes setores industriais e diferentes contextos produtivos. O foco aqui esteve na prioridade competitiva desempenho de entregas, outra sugestão de pesquisa é o desenvolvimento de estudos que avaliem o impacto da utilização de tecnologias habilitadoras da I4.0 nas demais dimensões competitivas da manufatura.

Referências

- Abdullah, F. M.; Saleh, M., Al-Ahmari, A.M. & Anwar, S. (2022). The impact of Industry 4.0 technologies on manufacturing strategies: proposition of technology-integrated selection. *IEEE Access*, 10, 21574-21583.
- Akyazi, T., Goti, A., Oyarbide, A., Alberdi, E., & Bayon, F. (2020). A guide for the food industry to meet the future skills requirements emerging with industry 4.0. *Foods*, 9(4), 492.
- Alladi T.; Chamola V.; Parizi R. M. & Choo K. R. (2019). Blockchain applications for Industry 4.0 and Industrial IoT: a review. *IEEE Access*, 7, 176935-176951.
- Alves Filho, A. G., Pires, S. R. I. & Vanalle, R. M. (1995). Sobre as prioridades competitivas da produção: compatibilidades e sequências de implementação. *Revista Gestão da Produção*, 2, 173-180.
- Anderl, R. (2023). *Industrie 4.0 Fundamentals, Scenarios for Application and Strategies for Implementatio*. Recuperado em 08 março, 2023 de <http://docplayer.net/37655905-Industrie-4-0-fundamentals-scenarios-for-application-and-strategies-for-implementation.html>.
- Bonilla S. H.; Silva H. R. O.; Silva M. T.; Gonçalves R. F. & Sacomano J. B. (2018). Industry 4.0 and sustainability implications: a scenario-based analysis of the impacts and challenges. *Sustainability*, 10(10), 3740.
- Brettel M.; Friederichsen N.; Keller M. & Rosenberg M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an Industry 4.0 perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8(1), 37-44.
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of production economics*, 204, 383-394.
- Enrique D. V.; Marodin G. A.; Santos F. B. C. & Frank A. G. (2022). Implementing Industry 4.0 for flexibility, quality, and productivity improvement: technology arrangements for different purposes. *International Journal of Production Research*, 1-26.
- Ford, S. & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587.
- Garvin, D. A. (1993). Manufacturing strategy planning. *California Management Review*, 35(4), 85-106.
- Javid M.; Haleem A.; Singh R. P.; Khan S. & Suman R. (2021). Blockchain technology applications for Industry 4.0: a literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, 2(4), 100027.
- Kamble S. S.; Gunasekaran A. & Gawankar S. A. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: a systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425.

- Kang H. S.; Lee J. Y.; Choi S.; Kim H.; Park J. H.; Son J. Y.; Kim B. H. & Noh S. D. (2016). Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3, 111-128.
- Lu Y. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Martins G. D.; Gonçalves R. F. & Petroni B. C. (2019). Blockchain in manufacturing revolution based on machine to machine transaction: a systematic review. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16, 294-302.
- Mills, J.; Platts, K. & Gregory, M. (1995). A framework for the design of manufacturing strategy process: a contingency approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 17-49.
- Muhuri P. K.; Shukla A. K. & Abraham A. (2019). Industry 4.0: a bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218-235.
- National Science Foundation. (2023). Recuperado em 15 abril, 2023, de www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10515/nsf10515.htm.
- Oztemel E. & Gursev S. (2020). Literature review of industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31, 127-182.
- Reis J. Z.; Gonçalves R. F.; Silva M. T. D. & Kazantsev N. (2022). Business models for the internet of services: state of the art and research agenda. *Future Internet*, 14(3), 74.
- RIBEIRO, E. A. (2008). A perspectiva de entrevista na investigação qualitativa. *Evidência*, 129-148.
- Schneider, P. (2018). Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. *Review of Managerial Science*, 12(3), 803-848.
- Silva, E. M.; Jabbour, C. J. C. & Santos, F. C. A. (2009). Integrating environmental management and manufacturing strategy: an emerging competitive priority. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 10(3-4), 397-411.
- Thoben K.; Wiesner S. & Wuest T. (2017). 'Industrie 4.0' and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-16.
- Tian, M., Chen, Y., Tian, G., Huang, W., & Hu, C. (2023). The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 262, 108929.
- Wang S.; Wan J.; Li D. & Zhang C. (2016). Implementing smart factory of Industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.
- Wheel Wright, S. C. (1984). Manufacturing strategy: defining the missing link. *Strategic Management Journal*, 5(1), 77-91.
- Yin, R. K. (1981). The case study crisis: some answers. *Administrative Science Quarterly*, 26(1), 58-65.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de Caso - Planejamento e métodos*. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman.
- Zhang C. & Chen Y. (2020). A review of research relevant to the emerging industry trends: Industry 4.0, IoT, blockchain, and business analytics. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(1), 165-180.

Zheng P.; Wang H.; Sang Z.; Zhong R. Y.; Liu Y.; Liu C.; Mubarak K.; Yu S. & Xu X. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13, 137-150.