

Transformação digital na cadeia de suprimentos: Um estudo de casos na indústria alimentícia

Letícia Ayumi Sabbatino

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

e-mail: leticia.sabbatino@unesp.br

ORCID iD: 0000-0002-4865-9483

Ana Lúcia Figueiredo Facin

Universidade Paulista (UNIP) e Universidade Estadual Paulista (UNESP)

e-mail: ana.facin@unesp.br

ORCID iD: 0000-0003-0379-4574

Andrea Cristina Elias Ribeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Câmpus Boituva-SP (IFSP) e

Universidade Paulista (UNIP)

e-mail: andrea.cristina@ifsp.edu.br

ORCID iD: 0000-0001-5010-5191

Adriana Miralles Schleder

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

e-mail: adriana.miralles@unesp.br

ORCID iD: 0000-0003-2055-2200

Resumo

A transformação digital (TD) tem proporcionado inúmeras oportunidades e desafios para diversas indústrias e em particular à indústria de alimentos. Este trabalho visa explorar as principais tecnologias digitais que têm surgido nas cadeias de suprimento do setor alimentício como resultado dos processos de digitalização, levantando os principais benefícios adquiridos e as barreiras mais relevantes em cada uma das etapas da cadeia de suprimentos (aquisição, transformação e distribuição) e para os seus respectivos interessados. O método de pesquisa utilizado consistiu em uma revisão da literatura que serviu para propor um quadro conceitual que foi testado por meio de um estudo de casos. Mais especificamente, a busca na literatura por estudos, que analisam impactos no comportamento da cadeia de suprimentos da indústria de alimentos em função do desenvolvimento da TD, teve como intuito embasar o estudo de casos realizado na cadeia de suprimentos de uma fabricante multinacional de molhos e condimentos e de uma empresa nacional produtora de bebidas alcóolicas/não alcóolicas. Os resultados revelaram que o nível de desenvolvimento da TD entre as empresas é variável, inclusive entre as etapas da cadeia de suprimentos de uma mesma empresa. Foi possível constatar também que para obter a maior eficiência possível da implementação das tecnologias digitais mais recentes (big data, inteligência artificial, aprendizado de máquina, entre outras), é importante começar desde as etapas iniciais da cadeia de suprimentos (aquisição) e permear pelas demais etapas (transformação e distribuição), devido à inter-relação entre essas etapas.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais; Digitização; Cadeia de Suprimentos Alimentícia.

Abstract

Digital transformation (DT) has provided numerous opportunities and challenges for various industries and in particular the food industry. This work aims to explore the main digital technologies that have arisen in the food supply chain as a result of the digitalization processes, raising the main acquired benefits and the most relevant barriers in each of the supply chain stages (acquisition, transformation and distribution) and for their respective stakeholders. The research method consisted of a literature review that proposed a conceptual framework tested through a case study. More specifically, the search in the literature for studies, which analyze impacts on the behavior of the food industry supply chain due to the development of DT, aimed to support the case study carried out in a multinational manufacturer of sauces and condiments and in a national manufacturer of alcoholic/non-alcoholic beverages supply chains. The results revealed that the level of DT development among companies is variable, including the stages of the supply chain of the same company. It was also possible to verify that to obtain the greatest possible efficiency from the implementation of the latest digital technologies (big data, artificial intelligence, machine learning, among others), it is important to start at the initial stage of the supply chain (acquisition) and permeate through the other stages (transformation and distribution), due to the interrelationship between these stages.

Keywords: Digital Technologies; Digitization; Food Supply Chain.

1. Introdução.

A indústria de alimentos, segundo definição do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), compreende o processamento e transformação de produtos da agricultura, pecuária e pesca em alimentos para uso humano e animal (IBGE, 2007). Sendo um dos setores mais dinâmicos e significativos na composição do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, com sua produção voltada tanto para o mercado interno como para o mercado externo (SANTANA, 2017).

O Brasil está entre os grandes produtores de alimentos do mundo, além disto, a indústria alimentícia nacional é um importante segmento de sua atividade econômica, com grande dinamismo na produção, exportação e progresso técnico de sua cadeia produtiva. Vale destacar que algumas características são decisivas para o desempenho da indústria alimentícia brasileira, tais como, as boas condições climáticas e a disponibilidade de recursos naturais, as quais o mantém entre os maiores

produtores mundiais de *commodities*, principais matérias-primas para a concepção de alimentos industrializados, além do grande mercado consumidor (CUNHA; DIAS; GOMES, 2006).

O setor alimentício sofreu várias mudanças sociais, econômicas e tecnológicas ultimamente, que tiveram uma influência relevante em toda a cadeia de transformação alimentar, desde a produção agrícola, passando pelo processamento e distribuição de alimentos, até ao consumidor final (BIGLIARDI et al., 2020). No passado, a indústria de alimentos se concentrava principalmente em minimizar os custos de produção e não prestava muita atenção às necessidades dos clientes (BIGLIARDI; GALATI, 2013). Nos últimos anos, um processo definido como "inversão da cadeia" surgiu dentro do setor alimentício. Esse processo indica o importante papel desempenhado pelo consumidor, que indica aos produtores suas preferências em relação aos alimentos (SCHRODER; PROCKL; CONSTANTIOU, 2021).

Neste sentido, as tecnologias digitais têm deixado os consumidores mais informados e exigentes em relação às informações atualizadas, ou até mesmo em tempo real, sobre os alimentos que consomem (KITIPANYA-NGAM; TAN, 2019), fazendo com que questões como rastreabilidade, segurança e sustentabilidade de produtos alimentícios se tornem preocupações cruciais para agricultores, processadores, distribuidores e varejistas de alimentos (RAUTA; PAETZOLD; WINCK, 2017). Frente a essa reviravolta, a transformação digital assumiu uma importância fundamental para as empresas do setor, de modo a remodelar radicalmente as operações e os modelos de negócios das empresas, consequentemente trazendo mudanças substanciais em suas atividades, processos e capacidades (CORREANI et al., 2020).

As primeiras etapas para a transformação digital da cadeia de suprimentos (CS) alimentícia surgiram a partir da *Internet* e a simplificação da troca de informações entre cliente e fornecedor. A *Internet* além de proporcionar uma troca de informações rápida e confiável, permitindo a interconectividade de baixo custo para a cadeia de suprimentos alimentícia, pode ser utilizada como instrumento para gerenciar sistemas distribuídos e tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification Devices*) e assim, rastrear produtos na CS (BRETTEL et al., 2014).

De acordo com Klaus (2016), tecnologias baseadas em computador, software, redes e sensores não são descobertas recentes, contudo, a evolução exponencial destas tecnologias causou uma ruptura nos padrões, trazendo mudanças de paradigma nos negócios, sociedade e indivíduos, gerando um impacto sistêmico entre os países e dentro deles, nas organizações e na sociedade de maneira geral.

Além disso, tecnologias digitais robustas utilizam-se do potencial da *Internet*. Desta forma, a *Internet* das Coisas que visa conectar objetos e sistemas, a Computação em Nuvem que fornece acesso simplificado a informações e serviços, o *Big Data* que gera elevadas quantidades de dados e utiliza-as para tomada de decisão são tecnologias digitais promovidas pela *Internet* que tem ampla aplicação na transformação digital das empresas (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Para Llopis-Albert, Rubio e Valero (2021), a digitalização permitirá que as cadeias de suprimento de alimentos sejam altamente conectadas, eficientes e responsivas às necessidades dos clientes e aos requisitos regulamentares, trazendo melhorias significativas de redução de custos e gerando maior colaboração e inovação. Acrescenta-se que a TD tornará possível a evolução de abordagens de conflito para negócios através de terceiros relacionamentos para um modelo de relacionamento entre empresas e consumidores, tais como novas formas de interação com fornecedores e clientes. No entanto, digitalizar uma cadeia de suprimentos alimentícia tradicional é um desafio que exige recursos (KITIPANYA-NGAM; TAN, 2019).

Diante deste contexto onde se nota uma mudança significativa das expectativas e comportamentos dos consumidores, pressionando as empresas a adotarem novas tecnologias para satisfazer novas necessidades (NASCIMENTO; FETTERMANN, 2021), o presente trabalho aborda o tema da TD na cadeia de suprimentos da indústria alimentícia. Existem estudos que pesquisaram a TD na indústria de alimentos, porém são escassos os estudos que estudam esse tema olhando para todas as etapas da cadeia de suprimentos da indústria alimentícia (aquisição, transformação e distribuição).

Isto posto, o objetivo deste trabalho constitui-se de um estudo e análise de forma crítica da transformação digital nas indústrias do setor alimentício. O propósito em questão é explorar as principais tecnologias digitais utilizadas nas organizações da cadeia de suprimentos do setor alimentício, os principais benefícios adquiridos e as barreiras mais relevantes, para cada uma das etapas da cadeia de suprimentos (aquisição, transformação e distribuição) e seus respectivos interessados.

Para alcançar esse objetivo, o método de pesquisa utilizado consistiu em uma revisão da literatura que serviu para propor um quadro conceitual que foi testado por meio de um estudo de casos. Mais especificamente, a busca na literatura por estudos, que analisam impactos no comportamento da cadeia de suprimentos da indústria de alimentos em função do desenvolvimento da TD, teve como intuito embasar o estudo de casos realizado na cadeia de suprimentos de uma fabricante multinacional de molhos e condimentos e de uma empresa nacional produtora de bebidas alcóolicas/não alcóolicas. Os resultados revelaram que o nível de desenvolvimento da TD entre as empresas é variável, inclusive entre as etapas da cadeia de suprimentos de uma mesma empresa. Foi possível constatar também que para obter a maior eficiência possível da implementação das tecnologias digitais mais recentes (big data, inteligência artificial, aprendizado de máquina, entre outras), é importante começar desde as etapas iniciais da cadeia de suprimentos (aquisição) e permear pelas demais etapas (transformação e distribuição), devido à inter-relação entre essas etapas.

Este artigo apresenta, além desta introdução, mais cinco seções. Na segunda seção é apresentada a Revisão Sistemática da Literatura em que, por meio de uma combinação entre análise bibliométrica e análise de conteúdo, foram identificados os principais referenciais teóricos e suas linhas de pesquisa, que auxiliaram na determinação do foco desta pesquisa. Na seção 3 são abordados os temas fundamentais para a realização do estudo, por meio de seções: Transformação Digital e Tecnologias da Transformação Digital, e Transformação Digital nas Indústrias de Alimentos. Na seção 4 é descrita a metodologia da pesquisa, em que são descritos os métodos de pesquisa utilizados para a condução do estudo. Na seção 5 são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa. Os resultados foram analisados juntamente com a apresentação de exemplos sobre o assunto mediante à contribuição do estudo de caso de duas empresas. E finalmente na seção 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, suas limitações, assim como sugestões para futuros estudos.

2. Procedimentos metodológicos.

2.1 Revisão sistemática da literatura.

Neste artigo, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, por meio de uma combinação entre análise bibliométrica e análise de conteúdo. Mediante à análise bibliométrica, foi possível identificar os principais referenciais teóricos, por meio de uma análise quantitativa de uma amostra de publicações e citações, que abordam em suas pesquisas termos relacionados à transformação digital no ramo alimentício. A escolha desta metodologia foi dada pela importância da bibliometria na identificação de padrões nas publicações científicas, de forma a apresentar quantitativamente os tópicos de estudo mais relevantes e suas interconexões (PRASAD; TATA, 2005).

A análise de conteúdo foi combinada com a análise bibliométrica para identificar as tendências da literatura, os tópicos e campos mais frequentemente discutidos e as lacunas que podem existir na literatura sobre o tema da pesquisa (CARVALHO; FLEURY; LOPES, 2013).

A plataforma utilizada para o levantamento da base de dados foi a *ISI Web of Knowledge* (*Web of Science*). Para a realização da análise dos dados foi utilizada a estatística descritiva, com o objetivo combinar vários valores da mesma natureza, possibilitando que haja uma visão mais geral desses valores, além de descrevê-los por meio de quadros.

Para a delimitação dos artigos relevantes para este trabalho, foi utilizado o seguinte fluxo (Figura 1):

i) Pesquisa na base de dados da *ISI Web of Knowledge* (*Web of Science*) pelos tópicos: ("*digital transformation**" ou "*digitalization**" ou "*digitization**" ou "*technolog**" ou "*Industry 4.0*") e ("*food**" ou "*agroindustrial**" ou "*food supply chain**" ou "*agribusiness**" ou "*beverage**"). Algumas estratégias de busca foram utilizadas, sendo elas o operador booleano "ou" que amplia a pesquisa, de forma que os resultados recuperados devem conter um termo ou o outro, o operador "e" que restringe a pesquisa, então os resultados recuperados devem conter um termo e o outro e, o asterisco representa qualquer grupo de caracteres, incluindo nenhum caractere (segundo o exemplo: *enzym** corresponde a *enzyme*, *enzymes*, *enzymatic*, *enzymic*). A partir desta busca e, com um filtro de ano de publicação entre 2010 e 2020, foram obtidos 32.249 resultados de estudos, categorizados na *Web of Science* em diversas áreas

de pesquisa. A busca na base de dados foi realizada no dia 20 de março de 2020 (observação: a busca limitou-se ao período posterior à 2010 pois uma pesquisa prévia na base de dados mostrou a inexistências de artigos que atendessem aos demais critérios de busca);

ii) Filtro por “Tipo de documento” para “*Article*” e “*Review*”, restando 27.368 artigos;

iii) Filtro pelos tipos de categorias disponíveis na plataforma, utilizando-se: “*Management*” ou “*Business*” ou “*Engineering Manufacturing*” ou “*Operations Research Management Science*” ou “*Engineering Industrial*”. Após o filtro restaram 481 artigos.

iv) Seleção dos artigos que realmente faziam parte do escopo da pesquisa por meio da leitura do título, resumo e palavras-chave de cada um deles, de forma a identificar se a transformação digital era o tema central discutido no artigo. Após as leituras restaram 112 artigos, que foram considerados como uma base inicial para a delimitação dos principais temas de pesquisa dos últimos dez anos.

A partir dos resultados obtidos por meio da análise bibliométrica foi possível fazer uma análise bibliométrica dos 112 artigos selecionados como base para o estudo. Portanto, foi feita uma análise da evolução da pesquisa sobre o tema estudado, a qual considera a quantidade de publicações ao longo dos anos.

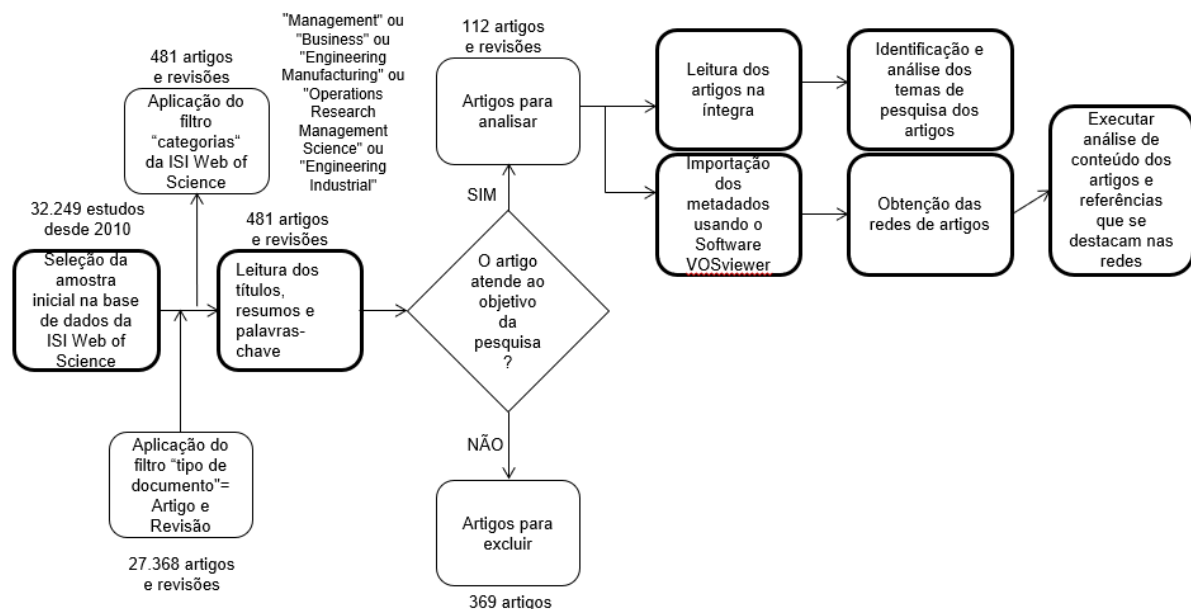


Figura 1 – Fluxo da revisão sistemática da literatura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por intermédio da leitura dos artigos da amostra, com ênfase nos mais relevantes (ou seja, os dez mais citados na amostra de 112 artigos), foi possível identificar as principais tecnologias que vêm sendo aplicadas na transformação digital das indústrias de alimentos, bem como uma oportunidade de estudo visando mapear a aplicação destas tecnologias em cada uma das etapas da cadeia de suprimentos alimentícia, a fim de entender como estas tecnologias estão modificando o relacionamento com os fornecedores, a operação e o relacionamento com os clientes. As principais tecnologias encontradas por meio da análise de conteúdo dos artigos selecionados serão abordadas na seção 3, junto à contextualização dos principais elementos desta pesquisa.

2.2 Estudo de casos.

No que se refere a pesquisa empírica, foi realizado um estudo de casos, com o objetivo de identificar as principais tecnologias que vêm sendo utilizadas pelas empresas do ramo alimentício,

comparar com as tecnologias levantadas na revisão de literatura e entender algumas barreiras e dificuldades de implantação no Brasil.

Esta pesquisa observou como a transformação digital está afetando os processos da cadeia de suprimentos alimentícia nas empresas e assim, identificou quais tecnologias digitais estão sendo aplicadas e quais os efeitos destas, fornecendo dados factuais sobre os fenômenos da transformação digital na cadeia de suprimentos de duas grandes empresas do setor alimentício.

O estudo de casos foi aplicado como metodologia para estudar o fenômeno no ambiente em que ocorre. Desta forma, mediante entrevistas em profundidade (RIBEIRO, 2008) com profissionais envolvidos com atividades relativas à TD, foi possível estudar a transformação digital em duas grandes empresas, por intermédio da coleta de dados e a identificação da ocorrência da transformação digital, bem como a análise das tecnologias digitais, no contexto em que estas ocorrem.

Segundo Ribeiro (2008), o estudo qualitativo se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, obtidos por meio de um contato direto do pesquisador com a situação estudada, se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada.

Deste modo, foram feitas entrevistas individuais com dois membros de cada uma das empresas, com auxílio de um questionário semiestruturado (Anexo 1), contendo questões básicas alinhadas com a bibliografia do tema, que ajudaram a buscar, à medida que a entrevista aconteceu, novas questões a serem formuladas durante a entrevista para complementar a coleta de dados. Além das entrevistas, documentos (planos relativos à TD nas empresas) e notícias complementares (em sites das empresas na internet) foram compartilhados pelos entrevistados.

Denominamos as empresas com nomes fictícios a fim de preservar seus dados e identidade. A primeira empresa, Empresa A, é uma multinacional do setor alimentício, responsável pela fabricação de mais de 100 marcas, sendo as principais delas concentradas em produtos como ketchup (foco do estudo), molhos e condimentos. Na Empresa A foram entrevistados um recém formado em Engenharia de Produção (no cargo há 1 ano) e o seu supervisor de estágio com mais de dez anos de experiência na área de TI, que era o responsável da área de tecnologia pelo desenvolvimento do plano de transformação digital da subsidiária brasileira. Já a segunda, se trata de uma empresa nacional, dedicada à produção de bebidas alcoólicas e não alcoólicas, a qual denominamos de Empresa B. Apesar da Empresa B ter uma vasta gama de produtos, a entrevista foi focada apenas na produção de cerveja, sendo que os entrevistados eram recém formados em Engenharia de Produção contratados para atuar especificamente nos programas de transformação digital da unidade de produção de cervejas (ambos com 1 ano de atuação na empresa). Essas empresas foram selecionadas porque estavam fortemente engajadas em programas de transformação digital em todas as etapas de sua cadeia de suprimentos.

Para a obtenção das informações qualitativas, as entrevistas foram conduzidas na Empresa A com colaboradores da área de tecnologia em Supply Chain, cujos cargos são de gerente e estagiário e, na Empresa B das áreas de Supply Chain e Negócios, com cargos de Trainee e Analista, respectivamente. As entrevistas foram gravadas e transcritas para que fosse possível analisar o conteúdo com detalhes e, posteriormente compará-lo com os resultados encontrados na literatura.

3. Referencial Teórico.

3.1 Transformação Digital e as Tecnologias da Transformação Digital.

O termo transformação digital (TD) tornou-se amplamente utilizado para descrever as implicações transformacionais ou disruptivas das tecnologias digitais nas empresas, seja por meio de novos modelos de negócios, novos tipos de produtos e serviços ou novos tipos de experiências do cliente, e mais amplamente, para indicar como as empresas existentes podem precisar se transformar radicalmente para ter sucesso no mundo digital emergente (NAMBISAN; WRIGHT; FELDMAN, 2019).

Demirkan, Spohrer e Welser (2016) definiram a TD com uma visão generalista, sendo uma transformação profunda e acelerada das atividades de negócios, processos, competências e modelos para alavancar totalmente as mudanças e oportunidades trazidas por tecnologias digitais e seu impacto na

sociedade de forma estratégica e priorizada, com o objetivo de melhorar o desempenho operacional da organização.

Neste contexto, é válido pontuar que termos como “digitização” (do inglês *Digitization*), digitalização (do inglês *Digitalization*) e transformação digital podem ser confundidos, especialmente se usados em um mesmo contexto, no entanto, eles se referem a conceitos distintos. Enquanto a “digitização” se trata da transformação de objetos analógicos em representações digitais, a “digitalização” se preocupa em melhorar os processos com o uso e/ou desenvolvimento de programas digitalizados e, como dito anteriormente, a transformação digital diz respeito à transformação dos processos organizacionais, construção de novas competências e modelos por meio de tecnologias digitais de forma profunda e estratégica (MAHLOW, HEDIGER, 2019).

Segundo Norton, Shroff e Edwards (2020), a TD envolve muito mais do que implementar uma solução de tecnologia bem escolhida, é um alinhamento estreito entre tecnologia da informação e negócios que trarão um resultado substancial para a organização, tendo em mente a prontidão organizacional, mudança de gestão e gerenciamento das principais partes interessadas, o que muda completamente a maneira como uma empresa opera e interage consigo mesma e com o mundo exterior.

Apesar de toda complexidade que a TD envolve, do fato de que a tecnologia é apenas uma parte do quebra-cabeça complexo que deve ser resolvido para que as organizações permaneçam competitivas no mundo digital e da existência de outras variáveis a serem ponderadas como estratégia, mudanças em uma organização, processos e cultura, este trabalho terá um foco na visão tecnológica e, as principais tecnologias da TD

As tecnologias digitais permitem a integração de dados e informações de fontes locais diferentes para impulsionar a produção e distribuição de bens e serviços, potencializando a transformação digital até mesmo em setores tradicionais, como a manufatura (BORANGIU et al., 2019; OECD, 2017).

Neste contexto, as tecnologias digitais podem ser classificadas em três classes principais: (i) habilitadoras de tecnologia digital, (ii) integradoras de sistemas digitais e (iii) tecnologias de aplicação (OECD, 2017). Esta classificação proposta por OECD (2017) e exposta na Figura 2, será empregada nesta pesquisa para organizar as tecnologias digitais.

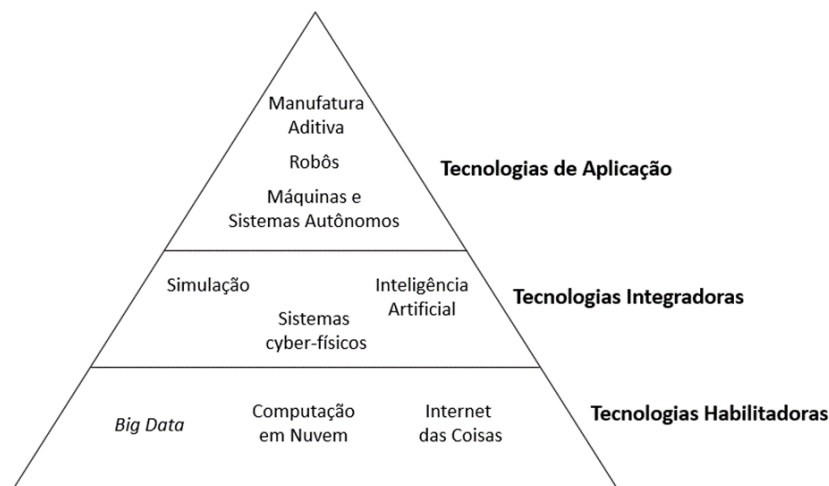


Figura 2 - Convergência das tecnologias para transformação digital.

Fonte: Adaptado de OECD (2017).

Em combinação, esses três tipos de tecnologias podem desenvolver processos de produção totalmente automatizados, do início ao fim, auxiliando no aumento da produtividade das organizações.

3.1.1 Tecnologias Habilitadoras.

As tecnologias digitais estão possibilitando novas técnicas de produção e modelos de negócios que transformarão os sistemas globais de produção, certas tecnologias são consideradas habilitadoras desta transformação, sendo elas: *Internet das Coisas* (*Internet of Things* ou IoT), *Big Data* e *Computação em Nuvem* (*Cloud Computing*) (OECD, 2017).

A IoT refere-se à extensão da conectividade da rede e capacidade de computação para “objetos inteligentes”, que os torna capazes de capturar, hospedar, sintetizar e processar dados, interagir e atuar ao redor com outros dispositivos, transmitindo informações, por meio da *internet* (UCKELMANN; HARRISON; MICHAHELLES, 2011). Esses “objetos inteligentes” requerem intervenção humana mínima para gerar, trocar e consumir dados, muitas vezes apresentam conectividade para coleta de dados remotos, análise e capacidade de gerenciamento (BOYES, et al., 2018).

Para esta inteligência e interconexão, os dispositivos IoT são equipados com diversos tipos de objetos como sensores, atuadores, processadores, transceptores ou RFID (*Radio Frequency Identification*) (SETHI; SARANGI, 2017). Portanto, a IoT não é uma tecnologia única, ao contrário, é um combinado de várias tecnologias que trabalham juntas, sendo que cada objeto representa um nó em uma rede virtual, transmitindo continuamente um grande volume de dados sobre si mesmo e seu entorno (BOYES, et al., 2018). Em relação à tecnologia RFID, ela representa um sistema em que as informações são transportadas por ondas de rádio. A RFID é usada para identificação de um produto e para coleta de informações sobre os itens automaticamente, sem uma conexão física ou linha de visão como necessário para outras tecnologias, como códigos de barras (BIBI et al., 2017).

A IoT tem se tornado uma importante fonte de dados contextuais com um enorme volume, variedade e velocidade, devido às informações de localização, hora, configurações ambientais e outras, o que a torna interessante o uso do *Big Data* como uma ferramenta analítica de dados, crítica para trazer o conhecimento dentro da infraestrutura de IoT (GE; BANGUI; BUHNOVA, 2018).

Ge, Bangui e Buhnova (2018) caracterizam o *Big Data* pela capacidade de acumulação, processamento e uso de expressiva quantidade de dados. Ainda segundo os autores, o *Big Data* pode ser classificado por cinco elementos fundamentais, os 5V's que representam: (i) volume (tamanho dos dados); (ii) variedade (diferentes tipos de dados de várias fontes); (iii) velocidade (dados coletados em tempo real); (iv) veracidade (incerteza dos dados) e (v) valor (benefícios para vários setores de trabalho e acadêmicos). A aplicação do *Big Data* geralmente consiste em três etapas gerais: coleta de dados, gestão de dados e utilização de dados (DAVENPORT; BARTH; BEAN, 2012).

A provisão de serviços baseados em IoT requer poder de computação em larga escala e a disponibilidade de recursos, que podem ser fornecidos por outras tecnologias, como a computação em nuvem, que permite o gerenciamento remoto de dispositivos IoT, a qualquer hora e em qualquer lugar (BANIJAMALI et al., 2020). A computação em nuvem pode ser definida como um modelo para permitir acesso conveniente e sob demanda à rede e a um conjunto compartilhado de recursos de computação que podem ser rapidamente provisionados e liberados com o mínimo esforço de gestão ou interação com o provedor de serviços (TAGHIPOUR et al., 2020).

É importante pontuar tecnologias habilitadoras não são suficientes para a tomada de decisões, e que são necessárias outras tecnologias para analisar padrões, prever tendências e analisar fluxos de dados em tempo real. Portanto, a IoT, o *Big Data* e a Computação em Nuvem, são as principais bases para o avanço das aplicações de Inteligência Artificial, possibilitando tecnologias como carros autônomos e robótica avançada (OECD, 2017).

3.1.2 Tecnologias Integradoras.

As tecnologias integradoras são aquelas que, tendo como base as tecnologias habilitadoras, permitirão a utilização das tecnologias de aplicação. Sendo as tecnologias integradoras abordadas neste estudo a simulação, a Inteligência Artificial e os Sistemas Ciber-físicos.

A simulação computacional é uma técnica para solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital. O uso da abordagem de modelagem de simulação permite modelar os caminhos de fluxo de materiais complicados, tratar variáveis aleatórias e coletar uma variedade de medidas de desempenho. Simular um sistema e experimentar mudanças nos processos são modos de prever as diversidades e compreender a viabilidade técnica e econômica do que se pretende implementar (LIU et al., 2018).

Abreu et al., (2018) citam que em uma fábrica, a simulação computacional pretende utilizar mais amplamente as informações da planta, analisando dados em tempo real, aproximando o mundo físico ao virtual. O resultado da captura destas informações é o chamado *Digital Twin*, em que toda a cadeia de criação de um produto passa a ter seu representante idêntico também no mundo virtual (LU et al., 2020). Permitindo que os operadores possam testar e aperfeiçoar as configurações das máquinas para

o próximo produto na linha de produção virtual, antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia (ABREU et al., 2018).

Neste contexto de simulações, com o avanço da computação, tornou-se possível o uso de tecnologias como a Inteligência Artificial (IA), para a realização das mais variadas tarefas, como assistência digital, análise de sentimentos e até simulação de interações dentro de um ambiente, como se fosse um ser humano (ZHONG et al., 2017). A IA pode ser definida como a capacidade de um sistema de interpretar dados externos corretamente, aprender com esses dados e usá-los para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível (KAPLAN; HAENLEIN, 2019). Portanto é uma ferramenta que possibilita uma análise baseada em algoritmos que permitem que as máquinas aprendam a partir de dados, construam modelos e forneçam soluções otimizadas (CARBONNEAU; VAHIDOV; LAFRAMBOISE, 2007).

O *Big Data* e a Computação em Nuvem são tecnologias “instrumentais” utilizadas para o desenvolvimento da IA por meio da estruturação de grandes volumes de dados e seu armazenamento e processamento na nuvem. O objetivo final do avanço da IA é o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão das máquinas sem a intervenção humana direta (IEL, 2017).

Por fim, o sistema Ciber-físico (*Cyber-Physical Systems* ou CPSs) é definido por Lee e Seshia (2017) como um sistema de colaboração de entidades computacionais que compartilham uma conexão intensa com o mundo físico circundante e seus processos em andamento, fornecendo e usando, ao mesmo tempo, serviços de acesso e processamento de dados disponíveis na *Internet*.

De acordo com Garetti, Fumagalli e Negri (2015), os sistemas Ciber-físicos são constituídos por uma combinação de elementos computacionais (como unidades micro-computacionais, ou sistemas embutidos, interagindo por meio de um sistema de comunicação) profundamente conectados, que controlam entidades físicas. Para os autores, nos CPSs muitos tipos de equipamentos (ou seja, sensores, atuadores, dispositivos, máquinas e robôs) estão criando uma comunidade inteligente com a capacidade de capturar dados e realizar ações no mundo físico. Essa capacidade é potencialmente desenvolvida em diferentes níveis de produção (ou seja, de sensores para máquinas ou robôs, até toda a fábrica).

O fluxo de funcionamento dos sistemas Ciber-físicos consiste em cinco níveis, sendo: i) aquisição de dados confiáveis por meio de sensores; ii) conversão de dados para informações relevantes e utilizáveis por meio de sensores; iii) *cyber* (rede formada com as informações) estabelecendo um espaço cibernético usando as informações adquiridas de todas as fontes; iv) apresentação das informações para os usuários fornecendo conhecimento para otimização das decisões; e v) sistemas com máquinas inteligentes com habilidades de auto configuração e auto adaptação que aplicam as informações para ajustar o processo (LEE; BAGHERI; KAO, 2015).

3.1.3 Tecnologias de Aplicação.

As tecnologias de aplicação são físicas, assim como o resultado dos seus processos. Dentro das tecnologias digitais aplicadas estão a manufatura aditiva (ou impressão 3D), robôs avançados e colaborativos, drones e veículos autoguiados.

A manufatura aditiva foi definida por Culmone, Smit e Breedveld (2019) como um processo de fabricação que tem o objetivo de criar um objeto tridimensional por camadas a partir de um modelo virtual. Ao invés de remover materiais para obter um produto, a manufatura aditiva cria a forma final pela adição de material (HUANG et al., 2012). Essa tecnologia pode ser utilizada para produzir modelos, protótipos, padrões, componentes e peças, usando uma variedade de materiais, incluindo plástico, metal, cerâmica, vidro e compósitos (THOMAS, 2015).

Da mesma forma, os veículos autônomos são estudados como tecnologia de aplicação. Os veículos autônomos são uma tecnologia de transporte automatizado de bens com uma rota pré-definida em momentos e tempos determinados, que vêm sendo aplicados em fábricas por décadas, com o intuito de agilizar a distribuição de materiais por contarem com grande estabilidade e a possibilidade de serem empregados em ambientes fechados para puxarem pequenas carretas com carga (CORREIA; TEIXEIRA; RAMOS, 2020).

A autonomia alcançada pela utilização de novos componentes das tecnologias de informação, permitem que os robôs detectem e monitorem os processos de produção, o ambiente de trabalho e até mesmo outros robôs. Neste contexto, com o desenvolvimento de sensores e de redes, a interação homem-máquina torna-se possível, assim como, o desenvolvimento e utilização dos robôs avançados, que devem

ser capazes de monitorar, entender e otimizar o processo de produção, reconfigurar novos produtos, diagnosticar e recuperar falhas, sendo projetados e desenvolvidos com habilidades de autoconsciência, automanutenção (BAYRAM; INCE, 2018).

3.2 Transformação Digital na Indústria de Alimentos.

O segmento alvo deste estudo é a Indústria de Alimentos, pertencente ao setor secundário, de indústrias de transformação, que é responsável por adquirir determinadas matérias-primas (animal e/ou vegetal) e transformá-las em algum tipo de produto comercial já a ponto de ser consumido ou usado. O setor de alimentos é desafiador do ponto de vista da gestão da cadeia de abastecimento, pois necessita de sistemas de controle avançados que possam lidar com produtos perecíveis, variações imprevisíveis de abastecimento e requisitos rigorosos de segurança alimentar e sustentabilidade (VERDOUW et al., 2016).

As inovações na indústria de alimentos abriram caminhos para novos métodos de produção e processamento técnico de alimentos. Para atender à demanda do mercado e obter produção rápida, a indústria de alimentos está em constante busca de novas técnicas de processamento e controle. O uso de dispositivos inteligentes permitiu o auxílio na integração da informação entre fornecedores e fabricantes, permitindo, assim, uma resposta mais rápida das demandas expostas pelo mercado e novos tipos de interações com seus consumidores finais, garantindo uma vantagem competitiva sustentável na cadeia (KAKANI et al., 2020). Deste modo, as próximas subseções abordarão as principais tecnologias que vêm sendo notadas em cada uma das etapas da cadeia de suprimentos alimentícia e os impactos nos *stakeholders*.

3.2.1 Impactos no relacionamento com os fornecedores

A etapa de Aquisição representa todas as atividades e processos sobre a aquisição de matéria-prima. No caso da indústria de alimentos, esta etapa envolve o primeiro segmento da cadeia alimentícia, o da "pré-produção", que será decisivo para garantir o equilíbrio do setor e auxiliará com informações relevantes para combater as contradições que surgem entre as próximas etapas da cadeia (transformação e distribuição) (RAUTA; PAETZOLD; WINCK, 2017).

Segundo Rauta, Paetzold e Winck (2017), um fornecedor que compartilha um alto nível de informações garante a procedência e/ou a qualidade de um determinado produto, concedendo ao produtor um diferencial e permitindo que ele estabeleça uma relação de confiança com seu consumidor. Deste modo, o produtor tem seu valor agregado, pois coloca no mercado produtos com maior transparência para o consumidor, que por sua vez toma conhecimento das práticas utilizadas na cadeia produtiva.

Neste contexto de transparência para o consumidor e a segurança alimentar, destaca-se a rastreabilidade, que nada mais é que a habilidade de traçar o caminho da história, aplicação, uso e localização de uma mercadoria individual ou de um conjunto de mercadorias, através da impressão de números de identificação os quais são aplicados sobre itens individuais ou lotes, variam entre códigos, datas ou uma combinação deles. A rastreabilidade é uma forma de prevenir a entrada de alimentos sem qualidade ou segurança, simplificar a localização de problemas (identificação dos locais ou etapas que estão fora da normalidade, orientando a limites aceitáveis e na implantação de medidas para o controle), reduzir o volume de devolução de produtos e estabelecer responsabilidades (ALFIAN et al., 2017).

De acordo com o Padrão de Rastreabilidade GS1 (organização oficial responsável por fornecer códigos de barras no mundo), a rastreabilidade em toda a cadeia de suprimentos envolve a associação do fluxo de informações com o fluxo físico de itens rastreáveis (GS1, 2007). A tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) é uma das principais tecnologias de controle de fluxo que permite rastreabilidade de mercadorias em todas as etapas da cadeia de produção (KELEPOURIS; PRAMATARI; DOUKIDIS, 2007; SHI; PAN; LANG, 2009). E, por ser muito utilizada no rastreamento de produtos agropecuários, é considerada uma tecnologia importante na etapa de aquisição, pois ela permite que os fornecedores de matéria-prima não só entreguem o produto em si, mas também toda informação de trajetória daquele alimento (COSTA et al., 2012).

Os produtos alimentícios e as fases de processamento relacionadas trazem consigo uma grande quantidade de dados que muitas vezes não são usados para informar o cliente final. Alguns dados, se devidamente identificados e usados, podem melhorar a empresa individual, e/ou toda a cadeia de

abastecimento (CORALLO, LATINO, MENEGOLI, 2018). Portanto, é muito importante para um produtor de uma indústria de alimentos obter informações relevantes sobre o cultivo de produtos agropecuários de seus fornecedores tanto para tomar decisões no recebimento da matéria-prima quanto para transmitir informações para o próximo produto que será fabricado a partir desta matéria-prima, caso queira. O Quadro 1 apresenta um resumo dos principais impactos no relacionamento das empresas com os fornecedores e quais as principais tecnologias que os tornaram possíveis.

Quadro 1 - Principais impactos no relacionamento com os fornecedores.

Principais Impactos	Tecnologias Empregadas	Fontes
Obtenção de informações detalhadas a partir de dados coletados por meio de sensores sobre o cultivo/manejo das matérias-primas, rastreabilidade da trajetória, administração, envio e leitura de dados de forma otimizada, trazendo maior confiabilidade da matéria-prima.	<ul style="list-style-type: none"> • IoT; • RFID. 	Kumari <i>et al.</i> , 2015; Chen <i>et al.</i> , 2008; Alifah, Gunawan e Taufik, 2018; Corallo, Latino e Menegoli, 2018.
Decisões mais rápidas e melhores; tomada de decisão em tempo real; informações relevantes e precisas que podem ser compartilhadas com as empresas, para oferecer maior confiabilidade dos produtos.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Big Data</i>. 	Alifah, Gunawan e Taufik, 2018; Corallo, Latino e Menegoli, 2018.

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2 Impactos na Transformação da Matéria Prima

Dentre as principais ineficiências da etapa de processamento de alimentos estão as perdas de água e energia e resíduos de alimentos (subprodutos). Portanto, um grande esforço da transformação digital na indústria alimentícia vem sendo direcionado ao desenvolvimento de tecnologias que possam contribuir para reduzir essas ineficiências, principalmente por meio do uso de sensores inteligentes para monitorar o controle de qualidade em toda a cadeia de abastecimento. O gerenciamento e controle de resíduos de máquinas, bem como a interconexão na planta de processamento, podem ser alcançados por meio da IoT, *Big Data* e Computação em Nuvem para otimizar o sistema (JAMBRAK *et al.*, 2021).

Jagtap e Rahimifard (2017), por exemplo, sugeriram o uso da IoT para a coleta de dados em tempo real com o auxílio de sensores, dispositivos RFID e câmeras, para aumentar a consciência de consumo de recursos em cada atividade da produção em uma indústria de alimentos. Levaram em consideração o uso de energia e água e o desperdício de alimentos durante as atividades de planejamento, visando uma melhoria e otimização dos recursos, flexibilidade no planejamento e controle da produção, comunicação adequada e melhor tomada de decisões em todos os níveis da cadeia de suprimentos.

Outro grande foco da transformação digital no setor de alimentos está concentrado na cadeia de alimentos perecíveis, pois necessitam de um controle maior. Destarte, no ramo de alimentos perecíveis, a transformação digital pode ser aplicada por meio da IoT, na etapa de processamento, para monitorar alguns fatores em tempo real, como pressão, temperatura tanto do ambiente quanto do produto, umidade, composição da atmosfera (como oxigênio, gás carbônico e etileno), duração de cada estágio de produção e vida útil. Estes fatores são capturados por meio de sensores, e utilizados como base para a tomada de decisões, visto que o monitoramento eficiente da temperatura é um pré-requisito importante para fornecer produtos de alta qualidade e seguros e para evitar perdas em toda a cadeia de frio (CHAUDHURI *et al.*, 2018).

No quesito de controle de processos, o uso de novas tecnologias pode ser evidenciado por Koulouris, Misailidis e Petrides (2021), que propuseram um modelo de *Digital Twin* para a simulação e

programação em tempo real da produção de uma fábrica de cervejas, a fim de garantir a segurança e qualidade dos produtos, minimizar custos em face de margens de lucro baixas e encurtar os prazos de entrega. Os autores consideraram o *Digital Twin* importante para a indústria de alimentos devido à complexidade e variabilidade das matérias-primas utilizadas, à rigidez no processamento e à vida útil limitada de matérias-primas alimentícias. Ainda para a gestão dos processos nas fábricas, alguns sistemas, softwares e aplicativos vêm sendo desenvolvidos para a gestão e rastreamento de ativos, coleta de dados, manutenção preventiva, trazendo um maior controle de qualidade e operações da planta (ZANGIACOMI et al., 2017).

Já o sistema SCADA "*Supervisory Control and Data Acquisition*" surgiu para o monitoramento e controle de processos técnicos. Ele realiza a supervisão, o controle e a aquisição de uma grande quantidade de dados de entrada e saída e, também, a troca de parâmetros de controle. Sua interação com o operador se dá por meio de interfaces gráficas, onde as informações sobre o comportamento do processo são exibidas em tempo real (GODOY; PÉREZ, 2018; MEYER; FUCHS; THIEL, 2009). Existem ainda sistemas de gerenciamento da planta, onde encontram-se os centros de trabalho. Um dos principais é o MES (*Manufacturing Execution System*) que se encontra no nível de gerenciamento de produção e inclui o desenvolvimento de produto e a produção real, além de funções para planejamento, registro e controle que atuam e reagem em tempo real. Ele mantém todos os dados relevantes do sistema SCADA e realiza o controle da produção, informando aos supervisores do chão de fábrica o status dos equipamentos, a entrega e o consumo de materiais e o progresso da fabricação (MEYER; FUCHS; THIEL, 2009; ZHONG et al., 2013)

Por fim, algumas tecnologias vêm sendo estudadas para a última etapa da produção de um alimento, a de embalagem. Neste setor, novas tecnologias de embalagens inteligentes vêm surgindo para estender a vida útil do produto, monitorar o frescor, exibir informações sobre qualidade e, conseqüentemente, melhorar a segurança do produto (AHMED et al., 2018; SCHAEFER; CHEUNG, 2018).

Estão dispostos no Quadro 2 os principais impactos nos processos de operação e transformação das matérias-primas em produtos finais e quais as principais tecnologias que os tornaram possíveis.

Quadro 2 - Principais impactos na Transformação da Matéria Prima.

Principais Impactos	Tecnologias Empregadas	Fontes
Gerenciamento de perdas (água, energia e matérias-primas), visando otimização de recursos.	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID; ● IoT; ● <i>Big Data</i> ● Computação em nuvem. 	Jagtap e Rahimifard, 2017.
Monitoramento de variáveis de processos (temperatura, pressão, composição da atmosfera, etc.), para ter maior controle de qualidade dos alimentos e evitar perdas.	<ul style="list-style-type: none"> ● IoT. 	Chaudhuri <i>et al.</i> , 2018.
Gestão e rastreamento de ativos, coleta de dados, manutenção preventiva, trazendo um maior controle de qualidade e operações da planta.	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Digital Twin</i>; ● Softwares. 	Koulouris, Misailidis e Petrides, 2021; Zangiacomì <i>et al.</i> , 2017; Godoy <i>et al.</i> , 2010; Meyer, Fuchs e Thiel, 2009; Zhong <i>et al.</i> , 2013.

Monitoramento do frescor dos produtos.	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID; ● IoT. 	Schaefer e Cheung, 2018; Ahmed <i>et al.</i> , 2018.
----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3 Impactos no relacionamento com os consumidores.

O rastreamento é um fator complexo e muito abordado na etapa de distribuição e algumas tecnologias vêm sendo utilizadas para a elaboração de sistemas de rastreabilidade, como o apresentado por Urbano *et al.* (2020), que integra sensores de temperatura em etiquetas RFID e IoT, para rastrear as condições dos alimentos. O sistema proposto visa rastrear a temperatura do produto ao longo do tempo, durante o armazenamento e transporte, e auxiliou não só na otimização da distribuição de alimentos, mas também no aumento da satisfação do cliente, uma vez que o frescor do produto é monitorado.

Singh *et al.*, (2017) sugeriram uma plataforma digital com o objetivo de identificar informações sobre a fazenda de cultivo, uso de insumos agrícolas e data da embalagem do produto. Utilizando um aplicativo móvel, o consumidor consegue fazer a leitura de um código QR para obter mais informações sobre o produto. Além de fornecer informações relevantes para o consumidor final, autoridades regulatórias conseguem fazer o recall de produtos com problemas.

Portanto, nota-se que a cadeia de valor está se distanciando cada vez mais da estrutura tradicional “fabricante-varejista-consumidor”. A *internet*, o aumento de dispositivos móveis e as tecnologias digitais tem possibilitado uma conexão com o ambiente físico, entre objetos e novos pontos de contato e interações cliente-empresa (VERHOEF; KANNAN; INMAN, 2015).

À medida que o comércio eletrônico (e-commerce) se consolidou como um importante canal de venda de produtos e serviços, a *Internet* passou a ser usada não apenas por revendedores e varejistas com operações e-commerce, mas também pelas próprias empresas fabricantes. Uma nova forma de venda surgiu, os canais de Venda Direta ao Consumidor (D2C). No D2C, o fabricante tem o papel de vender e entregar, diretamente ao consumidor final, o seu produto. Em geral, esses fabricantes utilizam-se de sites próprios como interface comercial com o seu consumidor (DRUMOND, 2018).

A fim de agrupar os principais impactos no relacionamento das empresas com os consumidores e as principais tecnologias envolvidas para torná-los possíveis, foi desenvolvido o Quadro 3.

Quadro 3 - Principais impactos no relacionamento com os consumidores.

Principais Impactos	Tecnologias Empregadas	Fontes
Rastreabilidade dos processos de distribuição dos produtos finais, bem como de seus parâmetros (como por exemplo temperatura vs tempo), a fim de garantir a qualidade dos produtos durante a distribuição.	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID; ● IoT. 	Urbano <i>et al.</i> , 2020

Transparência de variáveis do processo produtivo para o consumidor final, trazendo maior confiabilidade sobre o produto.	<ul style="list-style-type: none"> ● RFID; ● Aplicativos. 	Singh <i>et al.</i> , 2017
Aproximação com os consumidores finais, trazendo informações relevantes sobre o consumo para a empresa e oportunidades de satisfazer novas necessidades dos consumidores.	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>E-commerce</i>; ● Aplicativos; ● Drone. 	Drumond, 2018

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Apresentação e Discussão Resultados do Estudo de Casos.

Nesta seção serão apresentados os dados coletados e as respectivas análises, baseados nas principais tecnologias listadas pelos entrevistados. Os processos produtivos não serão listados com detalhes em cada uma das etapas da cadeia de produção, apenas aquelas que tiverem o uso ou planos de implementação de uma tecnologia relevante ou a falta de uma, para ao final do trabalho, serem definidos os principais impactos da adoção das mesmas, bem como barreiras de implementação.

4.1 Descrição das tecnologias presentes na Empresa A.

Primeiramente, serão citadas as tecnologias relacionadas ao processo de aquisição de matérias-primas e que têm impacto no relacionamento da empresa com os fornecedores. É válido citar que existem diferentes fornecedores para cada tipo de matéria-prima, para o alimento em si, sendo o tomate a principal matéria-prima, e para outros elementos como embalagem e cola.

As principais tecnologias no relacionamento com os fornecedores estão relacionadas com os fazendeiros produtores de tomate. Uma das tecnologias a ser utilizada para melhorar o relacionamento com os fornecedores é um software, que tem planos para ser implementado na empresa em 2023, para dar suporte a todo o ciclo de vida das operações da fazenda com um conjunto de ferramentas que permitem a gestão diária eficiente da colheita e proporcionam dados e análises importantes, como controle completo de questões logísticas, regulatórias, ambientais e de segurança envolvidas no manuseio, mistura e aplicação de fertilizantes químicos e de substâncias para o controle de pestes. Estes benefícios são obtidos utilizando-se de sensores, *Internet das Coisas* e *Big Data*. Por consequência, a integração com sistemas e interfaces externas para conformidade regulatória proporciona vias para informações exatas e atualizadas, apresentando uma rastreabilidade e transparência para a Empresa A.

A segunda tecnologia é um sistema para o controle das cargas que entram na fábrica. Como a empresa paga os fornecedores baseando-se na qualidade dos tomates, antes da implementação deste sistema existiam muitas fraudes, alguns caminhões faziam descargas escondidas, prejudicando os *blends* (termo utilizado pela empresa para a mistura de tomates) e, conseqüentemente, perdendo milhões de reais anualmente pelo descarte de matéria-prima. Além disso, o processo de pesagem e controle de cargas era feito manualmente em papéis, gerando falhas no controle de entrada, falta de assertividade e, principalmente afetando o processo de descarga em si, que em época de safra causava filas imensas, demorando dias para os caminhões conseguirem entrar na fábrica. O sistema consiste em etiquetas de

RFID nos caminhões para controlar em quais áreas o mesmo estaria permitido a transitar pela fábrica, por meio de cancelas que só abrem nos locais e nos momentos corretos; e um sistema de pesagem com balança integrado, que facilitou e acelerou o controle das descargas de matérias-primas na empresa.

Em relação ao controle de matérias-primas da empresa, este é feito por meio de um MRP “*Manufacturing Resource Planning*” que, baseado em dados de matérias-primas, inventário, gestão de pedidos e etc., cria um algoritmo para ter um melhor controle de demanda e estoque, por exemplo, com informações de estoque seguro e limite máximo de estoque. Ainda no contexto de planejamento de demanda, um novo software está em estudo para implementação nos próximos três anos, que possibilita uma rede colaborativa entre os compradores e os fornecedores, podendo colaborar em transações, fortalecer relacionamentos e descobrir novas oportunidades de negócios com total facilidade. Os compradores podem gerenciar todo o processo de aquisição, da negociação ao pagamento e, ao mesmo tempo, controlar gastos, buscar novas fontes de economia e criar uma cadeia de suprimentos saudável. Os fornecedores podem ajudar os compradores a alcançar seus objetivos de aquisição, estimular a satisfação dos clientes, simplificar o ciclo de vendas e melhorar o fluxo de caixa.

Nas operações em si, as tecnologias variam muito de fábrica para fábrica, mas de modo geral, as fábricas mais recentes já tiveram seu planejamento com máquinas inteligentes e de uma mesma marca, para facilitar o processo de digitalização. Deste modo, as próprias máquinas já têm sensores inteligentes que fornecem dados em tempo real, os quais são monitorados por meio de softwares que geram indicadores sobre as máquinas e o processo em si, como por exemplo: análise de quantidade de paradas da máquina, bem como o motivo das mesmas; quantidade de manutenções e identificação de peças que precisam ser trocadas; dados de temperatura e pressão dos processos. Esses dados obtidos em grande volume (*Big Data*) são transformados em informações que auxiliam nas tomadas de decisão durante cada etapa de produção.

Outrossim, no processo de determinação de demanda é utilizado um software para projetar as demandas dos clientes, baseados em dados históricos e, um outro software é utilizado para determinar qual a capacidade produtiva de cada uma das linhas, considerando informações como tempo de setup e agenda de manutenção. Por fim, os dados de demanda e capacidade são cruzados para definir qual a porcentagem da demanda que as linhas de produção conseguem cobrir, fazendo com que a empresa consiga se planejar para conseguir dar conta da demanda.

Na última etapa da cadeia de suprimentos alimentícia, a distribuição, algumas tecnologias como drones que leem as etiquetas RFID nos lotes dos produtos para uma contagem mais rápida e assertiva são utilizadas. Antes da implementação desses drones, a contagem era feita de forma manual e levava dias. Também existem planos e estudos para a implementação em 2022 de um robô que pega a ordem do pedido e já vai separando os pallets para colocar nos caminhões, a fim de acelerar os processos de *picking* (separação dos pedidos) e carregamento para a distribuição.

Na parte da distribuição propriamente dita, a empresa utiliza tecnologias para o rastreamento dos caminhões em tempo real, deste modo o cliente sabe o nome do motorista, a quantidade exata de produto que está sendo levado e se tem algum imprevisto na entrega. Ainda, por meio desta tecnologia, são sugeridas melhores rotas para o condutor do veículo, evitando regiões que tiveram assaltos e pistas com maiores índices de acidentes.

Ainda no quesito de rastreabilidade, uma tecnologia foi implementada em 2020 para ter um maior controle e rastreio de onde foi cada um dos produtos. Em produtos alimentícios, é muito importante ter este controle para detectar e retirar do mercado produtos que possam oferecer algum tipo de risco para o consumidor, portanto por meio do *Big Data*, a empresa consegue hoje ter um controle de dados dos lotes do produto e o local exato para onde foi. Antes desta implementação este processo demorava cerca de dez dias e, após a implementação, em dez minutos é possível obter estas informações.

Em relação às mudanças no relacionamento com os clientes intermediários (como restaurantes e bares) e clientes finais por meio de novas tecnologias, a empresa tem uma área específica para determinar novos produtos e serviços que possam melhorar o este relacionamento. Para clientes como restaurantes e hamburguerias, estão sendo estudadas formas de criar novos vínculos, como por exemplo, por meio da personalização de molhos para cada cliente. Ainda, está em estudo um *e-commerce* para entrega direta aos consumidores finais e também a implementação de QR Codes nas embalagens de cada produto para transmitir informações sobre a fazenda que cultivou cada uma das matérias-primas presentes, demonstrando a preocupação da empresa em dar visibilidade de seus processos para seus clientes finais.

4.2 Descrição das tecnologias presentes na Empresa B.

A empresa tem como estratégia ser a própria fornecedora das principais matérias-primas. Na parte de gestão de matéria-prima, a empresa usa apenas um software para manter o controle das mesmas.

No processo produtivo em si, da mesma forma como na Empresa A, as tecnologias variam muito de fábrica para fábrica, mas tendo-se como base as fábricas em que já foram implementadas novas tecnologias, os processos estão tendo suas variáveis muito mais controladas, por meio de sensores. Com o uso de inteligência artificial, a empresa consegue identificar demandas de temperatura, pressão e oxidação das bebidas em todo o processo produtivo, sendo estes os principais parâmetros para a qualidade do produto final, sobretudo com relação às cervejas. Isto é possível por meio de sensores, que somam mais de mil pontos de medição destas variáveis durante o processo produtivo. Em fábricas mais recentes, os maquinários utilizados já são inteligentes, fazendo as próprias medições e controles, já em fábricas mais antigas, a empresa tenta ao máximo implementar melhorias nos equipamentos existentes, como sensores.

Um exemplo de uso de *Machine Learning* pela empresa está na etapa de envase de bebidas em garrafas de vidro. Neste tipo particular de embalagem, existe uma grande necessidade de controle de parâmetros de envase, pois dependendo da temperatura e pressão com que o líquido sai, as garrafas podem estourar. Isto posto, existe um grande risco de cacos de vidro caírem em outras garrafas que seguiram na linha de produção. Além disso, como as garrafas de vidro são retornáveis, existem riscos de estarem com algum tipo de sujeira ou avaria, portanto as mesmas são analisadas através de câmeras que detectam estes defeitos. Este *Machine Learning* consiste na aprendizagem de três principais pontos: i) número de garrafas que contêm algum tipo de avaria ou sujeira, que são analisadas por meio de câmeras e expulsas da linha de produção; ii) número de garrafas que estouraram no processo; iii) pressão da água que limpa as garrafas. O objetivo da implementação desta tecnologia, está em identificar um padrão para determinar o momento certo em que a linha de produção precisa ser interrompida para algum tipo de análise ou ação, seja para trocar lote de garrafas que está entrando, caso esteja com um alto número de garrafas defeituosas ou para limpar toda a linha de envase, a fim de evitar que cacos de vidro vão parar em outros produtos e chegue aos consumidores finais.

A parte de gestão de estoque ainda é feita de maneira manual em algumas das fábricas, mas existem estudos de implementação de etiquetas RFID para acelerar a contagem de produtos e se ter informações mais assertivas.

Em relação à distribuição, a empresa vem investindo em tecnologias para otimizar as entregas, por meio de softwares de roteirização que funcionam com algoritmos de geolocalização para indicar as melhores rotas, e também por meio de novos serviços como a entrega de outros produtos que não são de fabricação própria (como por exemplo leite, chiclete, etc.). Este último citado, foi fomentado por intermédio da criação de um *marketplace* (rede de vendedores dentro de um mesmo site), por meio do qual a empresa vende outros produtos e atua na distribuição deles. A ideia surgiu para melhorar os serviços prestados aos seus principais clientes (os intermediários) como bares e restaurantes, proporcionando a entrega de outros produtos de suas necessidades, e também otimizando a distribuição, pois como as rotas são fixas, os caminhões retornavam para as fábricas vazios, para serem recarregados, e deste modo, eles voltam com novos produtos para serem estocados nas mesmas e posteriormente distribuídos.

No quesito de relacionamento com os clientes, este também está sendo modificado nos últimos anos com o intuito de oferecer um suporte mais próximo. A empresa lançou uma plataforma que traz recursos como: a possibilidade de fazer pedidos sem intermediários e no momento que desejar, entregas em até um dia (o que antes era feito em dias da semana selecionados) e um programa de fidelidade em que esses parceiros podem ganhar pontos e trocar por produtos. Por meio desta plataforma e do *Big Data Analytics*, a empresa consegue informações relevantes sobre os pedidos dos clientes, encontrando padrões que auxiliam na definição da demanda de mercado e conseguem sugerir novos produtos com base no perfil dos clientes, que é desenhado por meio de algoritmos. Para aproximar o contato com os clientes finais, a empresa criou em 2016 um aplicativo para entregar suas bebidas diretamente para os consumidores finais, o que trouxe para empresa muitos dados relevantes, que mais uma vez, com o auxílio do *Big Data Analytics*, estão sendo convertidos em informações de hábitos de compra e visão em tempo real de como as preferências desse consumidor estão evoluindo em diferentes locais e faixas etárias, entre outras variáveis.

Por fim, ainda no quesito de distribuição, a empresa está testando a viabilidade de entregas por meio de drones, com o objetivo de explorar formas inovadoras e mais eficientes para a distribuição de produtos. Porém além dos testes, para que este projeto seja implementado é necessária a autorização da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil).

4.3 Análise Comparativa entre as Empresas A e B.

Da análise das entrevistas e dos demais dados coletados, foi possível identificar uma diferença nos níveis de desenvolvimento da TD nas diferentes etapas da cadeia de suprimentos de cada uma das empresas, demonstrando um destaque, ou foco dos investimentos, em uma etapa específica.

A Empresa A tem um foco maior na digitalização dos processos produtivos, por meio da implementação de equipamentos, máquinas e sistemas (incluindo softwares) para otimização, automação e redução de custos e desperdícios. Alguns investimentos de altos custos estão sendo estudados para a obtenção de fábricas inteligentes e automatizadas no Brasil. Isto pode ser explicado pelo fato de ser uma empresa multinacional muito bem consolidada em países mais desenvolvidos, os quais já estão em um nível mais avançado de desenvolvimento da transformação digital, portanto podem nortear e certificar, com maior credibilidade, a viabilidade de implementação.

No quesito de processos produtivos, a Empresa B também já têm algumas tecnologias aplicadas e estudos para implementações de outras, porém é possível notar uma diferença nos níveis de investimento nesta etapa, os quais são menores. Pode-se perceber que ainda existe um receio em se fazer altíssimos investimentos em equipamentos e maquinários, preferem tentar melhorar os existentes, por exemplo.

Por outro lado, nota-se que a Empresa B está tendo grandes investimentos e, conseqüentemente, grandes mudanças nos seus relacionamentos com seus consumidores intermediários e finais, proporcionando novos produtos e serviços que atendem às novas necessidades do mercado, de entregas mais rápidas, personalização e aproximação no atendimento. Neste quesito, a Empresa A também demonstra indícios de implementações, porém ainda não são tão efetivos e notórios como na Empresa B.

Esta diferença entre os níveis de desenvolvimento da TD entre empresas foi apontado também por Annosi et al. (2021), ao citar que muitas empresas estão esperando por histórias de sucesso antes de abraçar a transformação, mas que existe uma pressão maior para grandes empresas; empresas menores que não têm recursos para investir em digitalização, como para treinamento e para suas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); a relevância da digitalização aumenta principalmente para o mercado externo. Neste contexto, algumas barreiras e incentivos da liderança para a implementação de tecnologias nas empresas podem ser discutidos.

4.4 Barreiras de Implementação e Incentivos da Liderança.

As principais barreiras de implementação de tecnologias nas indústrias alimentícias do Brasil listadas pelos entrevistados de ambas empresas, estão relacionadas à: i) infraestrutura das empresas que, em fábricas mais antigas, não foram planejadas para serem flexíveis, tanto para suportar uma expansão do espaço físico quanto da capacidade produtiva, ou até mesmo a falta de conectividade em algumas partes das fábricas que impede a implementação de tecnologias conectadas à rede; ii) equipamentos e maquinários antigos e/ou de marcas diferentes, que dificultam o processo de implementação de tecnologias relacionadas à *Internet das Coisas* por exemplo, que demanda equipamentos mais específicos e padronizados. Portanto, muitas vezes a única alternativa para implementação se daria pela troca de muitos ativos, o que se torna inviável; iii) falta de interconexão entre alguns sistemas, que leva à subutilização de informações e dados relevantes que são obtidos por meio das tecnologias; iv) falta de confiança entre os *stakeholders* para o compartilhamento de dados.

De acordo com a literatura, a resistência de grandes organizações deve-se principalmente à uma grande sensibilidade em relação a novas fontes de riscos tecnológicos, como a possibilidade de perder a cobertura do satélite com o risco de prejudicar os clientes ou a necessidade de construir um armazenamento de dados seguro (contra ataques cibernéticos) (ANNOSI et al., 2021). A falta de confiança também pode representar um obstáculo relevante ao compartilhamento de informações, percebido como um elemento fundamental para fomentar a colaboração entre os atores da cadeia de

suprimentos (ANNOSI et al., 2021). Saggi e Jain (2018) pontuam sobre a complexidade do gerenciamento dos dados, devido à sua estrutura. Ainda, segundo Aydin e Aydin (2020) fontes heterogêneas de dados geram uma necessidade de coordenar os esforços das partes interessadas para fornecer dados relevantes.

Apesar de toda e qualquer barreira, para ambas as empresas em estudo foi demonstrado pelos entrevistados que nos últimos anos os incentivos para a implementação de novas tecnologias têm crescido.

6. Conclusões.

Este estudo atingiu os objetivos propostos, por intermédio da apresentação das principais tecnologias responsáveis pela transformação digital nas indústrias alimentícias, com informações sobre seus impactos em cada uma das etapas de uma cadeia de suprimentos e sob seus respectivos *stakeholders*. Ainda, foi possível analisar a transformação digital sob diferentes perspectivas, de duas grandes empresas que já estão consolidadas no mercado brasileiro.

Mediante às pesquisas teórica e empírica, foi possível concluir que o desenvolvimento da transformação digital entre as empresas é variável, inclusive entre as etapas da cadeia de suprimentos de uma mesma empresa. Algumas focam os investimentos na etapa de aquisição, melhorando o relacionamento com os fornecedores e adquirindo visibilidade dos processos pré-produtivos (de cultivo da matéria-prima); outras na etapa de operação, direcionando os investimentos para equipamentos e maquinários que tornam o processo produtivo mais automatizado, eficiente e com menos perdas; e, existem também aquelas que preferem investir no relacionamento com seus consumidores, sejam eles intermediários ou finais, proporcionando novos tipos de produtos ou serviços e atendendo novas necessidades que estão surgindo no mercado. Porém, devido ao fato de a cadeia de suprimentos ter suas etapas inter-relacionadas, para se obter a maior eficiência possível da implementação das tecnologias, é importante que ela se inicie na primeira etapa e se permeie pelas outras.

Apesar de ainda haver poucos estudos sobre o tema, a partir das análises bibliométricas, foi possível identificar uma tendência de crescimento destes estudos. Neste contexto, o escopo deste trabalho se fez importante para contribuir com um esclarecimento sobre o tema, principalmente por meio dos dados coletados das duas empresas (A e B) do ramo alimentício.

Para aprofundar a visão sobre os impactos das tecnologias estudadas, pode-se sugerir como futuros trabalhos a realização de uma pesquisa empírica com ênfase no processo de implementação das tecnologias e suas barreiras em empresas deste setor, principalmente em empresas de menores portes, em que seria possível analisar as barreiras de implementação sob outro ponto de vista.

Referências.

ABREU, C. E. M.; GONZAGA, D. R. B.; SANTOS, F. J.; OLIVEIRA, J. F.; OLIVEIRA, K. D. M.; FIGUEIREDO, L. M.; NASCIMENTO, M. P.; OLIVEIRA, P. G.; YOSHINAGA, S. T. S.; OLIVEIRA, T. T. Indústria 4.0: como as empresas estão utilizando a simulação para se preparar para o futuro. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, [S.L.], v. 12, n. 12, p. 49, 2018.

AHMED, I.; LIN, H.; ZOU, L.; LI, Z.; BRODY, A. L.; QAZI, I. M.; LV, L.; PAVASE, T. R.; KHAN, M. U.; KHAN, S. An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products. *Packaging Technology and Science*, [S.L.], v. 31, n. 7, p. 449-471, 2018.

AIELLO, G.; ENEA, M.; MURIANA, C. The expected value of the traceability information. *European Journal of Operational Research*, [S.L.], v. 244, n. 1, p. 176-186, 2015.

ALFIAN, G.; RHEE, J.; AHN, H.; LEE, J.; FAROOQ, U.; IJAZ, M. F.; SYAEKHONI, M. A. Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in an e-pedigree food traceability system. *Journal of Food Engineering*, [S.L.], v. 212, p. 65-75, 2017.

ALIFAH, S.; GUNAWAN, G.; TAUFIK, M. Smart Monitoring of Rice Logistic Employing Internet of Things Network. In: 2018 2ND BORNEO INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED MATHEMATICS AND ENGINEERING (BICAME), 2., 2018, Balikpapan. Proceedings [...] . [S.L.]: IEEE, 2018. p. 199-202.

ANNOSI, M. C.; BRUNETTA, F.; BIMBO, F.; KOSTOULA, M. Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices. *Industrial Marketing Management*, [S.L.], v. 93, p. 208-220, 2021.

AYDIN, S.; AYDIN, M. N. A Sustainable Multi-layered Open Data Processing Model for Agriculture: iot based case study using semantic web for hazelnut fields. *Advances In Science, Technology and Engineering Systems Journal*, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 309-319, 2020.

BANIJAMALI, A.; PAKANEN, O. P.; KUVAJA, P.; OIVO, M. Software architectures of the convergence of cloud computing and the Internet of Things: a systematic literature review. *Information and Software Technology*, [S.L.], v. 122, p. 106271, 2020.

BAYRAM, B.; İNCE, G. *Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0*. Springer Series in Advanced Manufacturing, [S.L.], p. 187-200, 2017.

BEN-DAYA, M.; HASSINI, E.; BAHROUN, Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, [S.L.], v. 57, n. 15-16, p. 4719-4742, 2017.

BIBI, F.; GUILLAUME, C.; GONTARD, N.; SORLI, B. A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products. *Trends in Food Science & Technology*, [S.L.], v. 62, p. 91-103, 2017.

BIGLIARDI, B.; FERRARO, G.; FILIPPELLI, S.; GALATI, F. Innovation Models in Food Industry: a review of the literature. *Journal Of Technology Management & Innovation*, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 97-107, 2020.

BIGLIARDI, B.; GALATI, F. Models of adoption of open innovation within the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 16-26, 2013.

BORANGIU, T.; TRENTESAUX, D.; THOMAS, A.; LEITÃO, P.; BARATA, J. Digital transformation of manufacturing through cloud services and resource virtualization. *Computers in Industry*, [S.L.], v. 108, p. 150-162, 2019.

BOYES, H.; HALLAQ, B.; CUNNINGHAM, J.; WATSON, T. The industrial internet of things (IoT): an analysis framework. *Computers In Industry*, [S.L.], v. 101, p. 1-12, 2018.

BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEN, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, N. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering* v.8, n.1, p. 37-44, 2014.

CARBONNEAU, R.; VAHIDOV, R.; LAFRAMBOISE, K. Machine Learning-Based Demand Forecasting in Supply Chains. *International Journal Of Intelligent Information Technologies*, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 40-57, 2007.

CARVALHO, M. M.; FLEURY, A.; LOPES, A. P. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. *Technological Forecasting Social Change*, v. 80, n. 7, p. 1418-1437, 2013.

CHAUDHURI, A.; DUKOVSKA-POPOVSKA, I.; SUBRAMANIAN, N.; CHAN, H. K.; BAI, R. Decision-making in cold chain logistics using data analytics: a literature review. *The International Journal of Logistics Management*, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 839-861, 2018.

CHEN, C.; ZHANG, J.; DELAURENTIS, T. Quality control in food supply chain management: an analytical model and case study of the adulterated milk incident in china. *International Journal of Production Economics*, [S.L.], v. 152, p. 188-199, 2014.

CHEN, R.S.; CHEN, C.C.; YEH, K.C.; CHEN, Y.C.; KUO, C.W. Using RFID technology in food produce traceability. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*. [S.L.], p. 1551-1560. 2008.

CHIFFRE, L.; CARMIGNATO, S.; KRUTH, J. P.; SCHMITT, R.; WECKENMANN, A. Industrial applications of computed tomography. *Cirp Annals*, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 655-677, 2014.

CORALLO, A.; LATINO, M. E.; MENEGOLI, M. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: A Framework to Manage Product Data in Agri-Food Supply Chain for Voluntary Traceability. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 146-150, 2018.

CORREANI, A.; MASSIS, A.; FRATTINI, F.; PETRUZZELLI, A. M.; NATALICCHIO, A. Implementing a Digital Strategy: learning from the experience of three digital transformation projects. *California Management Review*, [S.L.], v. 62, n. 4, p. 37-56, 2020.

CORREIA, N.; TEIXEIRA, L.; RAMOS, A. L. Implementing an AGV System to Transport Finished Goods to the Warehouse. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 241-247, 2020.

COSTA, C.; ANTONUCCI, F.; PALLOTTINO, F.; AGUZZI, J.; SARRIÁ, D.; MENESATTI, P. A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology. *Food and Bioprocess Technology*, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 353-366, 2012.

CULMONE, C.; SMIT, G.; BREEDVELD, P. Additive manufacturing of medical instruments: a state-of-the-art review. *Additive Manufacturing*, [S.L.], v. 27, p. 461-473, 2019.

CUNHA, D. A.; DIAS, R. S.; GOMES, A. P. UMA ANÁLISE SISTÊMICA DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA BRASILEIRA. In: CONGRESSO DA SOBER, 44., 2006, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2006. p. 1-19.

DAVENPORT, T.H.; BARTH, P.; BEAN, R. How 'Big Data' is different. *MIT Sloan Management Review*, [S.L.], v. 54, n. 1, p. 22-24, 2012.

DEMIRKAN, H.; SPOHRER, J. C.; WELSER, J. J. Digital Innovation and Strategic Transformation. *It Professional*, [S.L.], v. 18, n. 6, p. 14-18, 2016.

DRUMOND, L. W. O papel do D2C na Competição de Preços no Varejo: Evidências do Mercado de Linha Branca Brasileiro. 2018. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, São Paulo, 2018.

FISHER, O.; WATSON, N.; PORCU, L.; BACON, D.; RIGLEY, M.; GOMES, R. L. Cloud manufacturing as a sustainable process manufacturing route. *Journal of Manufacturing Systems*, [S.L.], v. 47, p. 53-68, 2018.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, [S.L.], v. 210, p. 15-26, 2019.

GARETTI, M.; FUMAGALLI, L.; NEGRI, E. Role of Ontologies for CPS Implementation in Manufacturing. *Management and Production Engineering Review*, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 26-32, 2015.

GE, M.; BANGUI, H.; BUHNOVA, B. Big Data for Internet of Things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, [S.L.], v. 87, p. 601-614, 2018.

GODOY, A. C.; PÉREZ, I. G. Integration of Sensor and Actuator Networks and the SCADA System to Promote the Migration of the Legacy Flexible Manufacturing System towards the Industry 4.0 Concept. *Journal Of Sensor and Actuator Networks*, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 23, 2018.

GRUNOW, M.; PIRAMUTHU, S. RFID in highly perishable food supply chains – Remaining shelf life to supplant expiry date? *International Journal of Production Economics*, [S.L.], v. 146, n. 2, p. 717-727, 2013.

GS1 Global Traceability Standard. *Business Process and System Requirements for Full Chain Traceability*, 2007.

HUANG, S. H.; LIU, P.; MOKASDAR, A.; HOU, L. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [S.L.], v. 67, n. 5-8, p. 1191-1203, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Classificação Nacional de Atividades Econômicas. versão 2.0*. Rio de Janeiro, 2007. Estrutura detalhada e notas explicativas.

IEL. *Mapa de Clusters Tecnológicos e Tecnologias Relevantes para Competitividade de Sistemas Produtivos*. IEL/NC: Brasília, 2017.

ISO 10218 - *Manipulating Industrial Robots - Safety*, ISO Publications, France, 1992.

JAGTAP, S.; RAHIMIFARD, S. The digitisation of food manufacturing to reduce waste – Case study of a ready meal factory. *Waste Management*, [S.L.], v. 87, p. 387-397, 2019.

JAMBRAK, A. R.; NUTRIZIO, M.; DJEKIĆ, I.; PLESLIĆ, S.; CHEMAT, F. Internet of Nonthermal Food Processing Technologies (IoNTP): food industry 4.0 and sustainability. *Applied Sciences*, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 686, 2021.

JIA, F.; WANG, X.; MUSTAFEE, N.; HAO, L. Investigating the feasibility of supply chain-centric business models in 3D chocolate printing: a simulation study. *Technological Forecasting and Social Change*, [S.L.], v. 102, p. 202-213, 2016.

KAKANI, V.; NGUYEN, V. H.; KUMAR, B. P.; KIM, H.; PASUPULETI, V. R. A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry. *Journal Of Agriculture and Food Research*, [S.L.], v. 2, p. 100033, 2020.

KAPLAN, A.; HAENLEIN, M. Siri, Siri, in my hand: who's the fairest in the land? on the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, [S.L.], v. 62, n. 1, p. 15-25, 2019.

KELEPOURIS, T.; PRAMATARI, K.; DOUKIDIS, G. RFID-enabled traceability in the food supply chain. *Industrial Management & Data Systems*, [S.L.], v. 107, n. 2, p. 183-200, 2007.

KITTIPANYA-NGAM, P.; TAN, K. H. A framework for food supply chain digitalization: lessons from thailand. *Production Planning & Control*, [S.L.], v. 31, n. 2-3, p. 158-172, 2019.

- KLAUS, S. A quarta revolução industrial. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.
- KOULOURIS, A.; MISAILIDIS, N.; PETRIDES, D. Applications of process and digital twin models for production simulation and scheduling in the manufacturing of food ingredients and products. *Food and Bioproducts Processing*, [S.L.], v. 126, p. 317-333, 2021.
- KUMARI, L.; NARSAIAH, K.; GREWAL, M.K.; ANURAG, R.K.. Application of RFID in agri-food sector. *Trends in Food Science & Technology*, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 144-161, 2015.
- LEE, E. A.; SESHIA, S. A. Introduction to embedded systems: a cyber-physical systems approach. Berkeley: MIT Press, 2017. 568 p.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, [S.L.], v. 3, p. 18-23, 2015.
- LIU, S.; CHAN, F. T.; YANG, J.; NIU, B. Understanding the effect of cloud computing on organizational agility: an empirical examination. *International Journal of Information Management*, [S.L.], v. 43, p. 98-111, 2018.
- LLOPIS-ALBERT, C.; RUBIO, F.; VALERO, F. Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, [S.L.], v. 162, p. 120343, 2021.
- LU, Y.; LIU, C.; WANG, K. I. K.; HUANG, H.; XU, X. Digital Twin-driven smart manufacturing: connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, [S.L.], v. 61, p. 101837, fev. 2020.
- MAHLOW, C.; HEDIGER, A. Digital Transformation in Higher Education—Buzzword or Opportunity? *E-learn*, [S.L.], v. 2019, n. 5, 2019.
- MEYER, H.; FUCHS, F.; THIEL, K. *Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment*. Nova Iorque: McGraw Hill, 2009. 274 p.
- NAMBISAN, S.; WRIGHT, M.; FELDMAN, M. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: progress, challenges and key themes. *Research Policy*, [S.L.], v. 48, n. 8, p. 103773, 2019.
- NASCIMENTO, D. R.; FETTERMANN, D. Quais os fatores que interferem na aceitação das tecnologias da casa inteligente pelo usuário: uma revisão. *Produto & Produção*, v. 22, n. 3, 2021.
- NORTON, A.; SHROFF, S.; EDWARDS, N. *Digital transformation: An enterprise architecture perspective*. Londres: Publish Nation Limited, 2020.
- OECD. *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, OECD Publishing, Paris, 2017.
- PRASAD, S.; TATA, J. Publication patterns concerning the role of teams/groups in the information systems literature from 1990 to 1999. *Information & Management*, [S.L.], v. 42, n. 8, p. 1137-1148, 2005.
- RAUTA, J.; PAETZOLD, L. J.; WINCK, C. A. RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE COMO VANTAGEM COMPETITIVA. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 459, 2017.
- RIBEIRO, E. A. “A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa”. *Evidência*, Araxá. n. 4, p. 129-148, 2008.

SAGGI, M. K.; JAIN, S. A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation. *Information Processing & Management*, [S.L.], v. 54, n. 5, p. 758-790, 2018.

SANTANA, D. F. S. Indústria de alimentos e bebidas no estado da Paraíba: contribuição socioeconômica e comportamento ambiental sob a perspectiva empresarial. 2017. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SCHAEFER, D.; CHEUNG, W. M. Smart Packaging: opportunities and challenges. *Procedia Cirp*, [S.L.], v. 72, p. 1022-1027, 2018.

SCHRODER, A.; PROCKL, G.; CONSTANTIOU, I. How Digital Platforms with a Social Purpose Trigger Change towards Sustainable Supply Chains. In: *HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES*, 54., 2021, Wailea. *Proceedings...* [S.L.]: Hawaii International Conference on System Sciences, 2021. p. 4785-4794.

SETHI, P.; SARANGI, S. R. Internet of Things: architectures, protocols, and applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, [S.L.], v. 2017, p. 1-25, 2017.

SINGH, A.; MISHRA, N.; ALI, S. I.; SHUKLA, N.; SHANKAR, R. Cloud computing technology: reducing carbon footprint in beef supply chain. *International Journal of Production Economics*, [S.L.], v. 164, p. 462-471, 2015.

SINGH, D.; KARTHIK, S.; NAR, S.; PIPLANI, D. Food Traceability and Safety: from farm to fork : a case study of pesticide traceability in grapes. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 40-47, 2017.

TAGHIPOUR, M.; MOWLOODI, E. S.; MAHBOOBI, M.; ABDI, J. Application of Cloud Computing in System Management in Order to Control the Process. *Management*, [S.L.], v. 3, n. 3, p. 34-55, 2020.

THOMAS, D. Costs, benefits, and adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, [S.L.], v. 85, n. 5-8, p. 1857-1876, 2015.

UCKELMANN, D.; HARRISON, M.; MICHAHELLES, F. *Architecting the Internet of Things*. Heidelberg: Springer, 2011. 353 p.

URBANO, O.; PERLES, A.; PEDRAZA, C.; RUBIO-ARRAEZ, S.; CASTELLÓ, M. L.; ORTOLA, M. D.; MERCADO, R. Cost-Effective Implementation of a Temperature Traceability System Based on Smart RFID Tags and IoT Services. *Sensors*, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 1163, 2020.

VERDOUW, C.N.; WOLFERT, J.; BEULENS, A.J.M.; RIALLAND, A. Virtualization of food supply chains with the internet of things. *Journal of Food Engineering*, [S.L.], v. 176, p. 128-136, 2016.

VERHOEF, P. C.; KANNAN, P.K.; INMAN, J. J. From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing. *Journal of Retailing*, [S.L.], v. 91, n. 2, p. 174-181, 2015.

WANG, X.; LI, D. A dynamic product quality evaluation based pricing model for perishable food supply chains. *Omega*, [S.L.], v. 40, n. 6, p. 906-917, 2012.

ZANGIACOMI, A.; OESTERLE, J.; FORNASIERO, R.; SACCO, M.; AZEVEDO, A. The implementation of digital technologies for operations management: a case study for manufacturing apps. *Production Planning & Control*, [S.L.], v. 28, n. 16, p. 1318-1331, 2017.

ZHONG, R. Y.; DAI, Q. Y.; QU, T.; HU, G. J.; HUANG, G. Q. RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production. *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, [S.L.], v. 29, n. 2, p. 283-292, 2013.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S. T. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: a review. Engineering, [S.L.], v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

ANEXO 1 – Questionário Semiestruturado para as entrevistas do Estudo de Casos.

- 1) Qual o estágio das tecnologias digitais na Cadeia de Suprimentos (CS) nos últimos 3 anos? (Sendo as tecnologias: Aquisição de dados, sistemas de informação, automação, big data analytics, IoT, cloud computing, machine learning, simulação, cyber-physical systems, manufatura aditiva, drones, veículos autoguiados, robôs avançados e colaborativos, etc.).
- 2) Qual o nível de investimento em tecnologias digitais na CS, nos últimos 3 anos para cada uma das tecnologias citadas anteriormente?
- 3) Há alguma tecnologia digital na organização, que não foi mencionada? Se sim, qual? Em qual estágio? Qual nível de investimento?
- 4) Quais tecnologias são usadas no processo de aquisição? Quais ganhos podem ser associados a implementação dessas tecnologias na aquisição? Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologias a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?
- 5) Quais tecnologias são usadas no processo de transformação? Quais ganhos podem ser associados a implementação dessas tecnologias na aquisição? Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologias a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?
- 6) Quais tecnologias são usadas no processo de distribuição? Quais ganhos podem ser associados a implementação dessas tecnologias na aquisição? Existe projeto ou orientação sobre novas tecnologias a serem implantadas? Quais são e qual a expectativa de prazo?
- 7) A organização pode capturar dados em tempo real?
- 8) A organização pode aplicar dados em tempo real para determinar a demanda do cliente?
- 9) A organização acredita que a tecnologia atual é suficiente para atingir a agilidade corporativa e visibilidade necessária?
- 10) Como a organização mede internamente o retorno de investimento em tecnologia?
- 11) Fale sobre as barreiras de implementação de novas tecnologias no ramo alimentício.
- 12) Faz parte da cultura da empresa o estímulo de iniciativas digitais?
- 13) A liderança apoia e compreende a necessidade das iniciativas digitais para a organização?