

**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**MODELOS DE NEGÓCIOS DE STARTUPS BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE  
CASO MÚLTIPLO SOBRE *INDTECHS***

Por,  
**Victoria Lacerda Shaw**

Brasília, 09 de novembro de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**MODELOS DE NEGÓCIOS DE STARTUPS BRASILEIRAS: UM ESTUDO DE  
CASO MÚLTIPLO SOBRE *INDTECHS***

POR,

**Victoria Lacerda Shaw**

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de  
Produção.

**Professor Orientador**

Prof. Sanderson C. M. Barbalho, UnB/ EPR

---

Brasília, 2021

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço aos meus pais e minha família pelo apoio incondicional e por sempre terem me incentivado. Muito obrigada! Agradeço às minhas amigas que me trazem tanta alegria e motivação. Sou grata pelos amigos que fiz na Escola das Nações e na UnB. Obrigada pelo companheirismo durante todos esses anos! Agradeço a todos os meus professores que exercem essa função tão nobre com amor e dedicação. Vocês fizeram a diferença na minha formação como profissional e como cidadã! Agradeço ao meu orientador por todos os ensinamentos e apoio na construção desse projeto. Por fim, agradeço a todos que participaram do estudo. Sem a abertura e prestatividade de vocês nada disso seria possível. Muito obrigada!*

*Victoria Lacerda Shaw*

## RESUMO

As startups são empresas inovadoras que estão ganhando relevância no mercado à medida que se transformam em empresas capazes de mudar o ambiente econômico de regiões e países. Em geral, as startups atuam na implementação e difusão de novas tecnologias. Atualmente, a quarta revolução industrial traz desafios inéditos e suas tecnologias habilitadoras (como a Internet das Coisas, *Big Data* e computação em nuvem) têm o potencial de otimizar e transformar as linhas de produção em diversos setores. Assim, as startups que implementam tecnologias da Indústria 4.0, chamadas de *indtechs*, se tornam atores-chave nesse processo de transição industrial. No entanto, pouco se sabe sobre a sua atuação. O presente estudo tem por objetivo analisar os modelos de negócios das *indtechs* e identificar a sua contribuição para a implementação dessas tecnologias no Brasil. O estudo de caso contou com a análise de 29 *indtechs* brasileiras que oferecem diversas propostas de valor e permitiu traçar um panorama sobre sua atuação, pilares do modelo de negócios, estratégias, dificuldades, oportunidades e seu papel na inovação de modelo de negócios. Assim, o projeto contribui para a consolidação do conhecimento sobre essas organizações e seu impacto na transformação das indústrias brasileiras.

**Palavras-chave: startups; indtechs; Indústria 4.0; modelo de negócios; transformação digital.**

## **ABSTRACT**

Startups are innovative companies that are gaining market relevance by transforming themselves into companies that are capable of changing the economic environment of regions and countries. Generally, startups implement and collaborate in the diffusion of new technologies. Currently, the fourth industrial revolution brings unprecedented challenges and its enabling technologies (such as the Internet of Things, Big Data and cloud computing) have the potential of optimizing and transforming production lines in diverse sectors. Thus, startups that implement Industry 4.0 technologies, called indtechs, have become key players in the process of industrial transformation. However, little is known about their operation. This study aims at analyzing the indtechs' business model and identifying their contribution in the implementation of these technologies in Brazil. The case study included an analysis of 29 Brazilian indtechs that offer diverse value propositions and created an overview of their operation, business model pillars, strategies, difficulties, opportunities and their role in business model innovation. Thus, the project contributes to the consolidation of knowledge about these organizations and their impact on the transformation of Brazilian industries.

**Keywords: startups; indtechs; Industry 4.0; business model; digital transformation.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ondas de inovação .....	17
Figura 2 - As quatro revoluções industriais .....	18
Figura 3 - Caracterização de tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas na cadeia de valor .....	21
Figura 4 - Framework e tecnologias da Indústria 4.0 .....	22
Figura 5 - Interação entre humanos e máquinas em sistemas ciberfísicos .....	24
Figura 6 - Estágios do desenvolvimento da Indústria 4.0.....	31
Figura 7 - Tempo médio das empresas no índice S&P 500.....	33
Figura 8 - Processo de adoção de uma tecnologia.....	37
Figura 9 - Trajetória de uma tecnologia.....	38
Figura 10 - Fenômeno da Curva S .....	40
Figura 11 - Interação entre modelo de negócios, aspectos técnicos e econômicos .	41
Figura 12 - Canvas de modelo de negócios.....	42
Figura 13 - Ranking das dez startups de maior valor em 2021 (US\$ bilhões).....	50
Figura 14 - Localização dos unicórnios em 2021 (US\$ bilhões) .....	51
Figura 15 - Procedimento metodológico do estudo.....	63
Figura 16 - Cargos dos entrevistados .....	73
Figura 17 - Localização das <i>indtechs</i> .....	73
Figura 18 - Fases do ciclo de vida das <i>indtechs</i> .....	74
Figura 19 - Mercado de atuação das <i>indtechs</i> .....	74
Figura 20 - Modelos de atendimento ao cliente .....	77
Figura 21 - Oferta das <i>indtechs</i> (Hardware ou Software).....	77
Figura 22 - Oferta das <i>indtechs</i> .....	78
Figura 23 - Utilização de tecnologias da Indústria 4.0.....	80
Figura 24 - Utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em startups de Hardware e Software .....	81
Figura 25 - Modelos de receita das <i>indtechs</i> de software .....	87
Figura 26 - Modelos de receita das <i>indtechs</i> de hardware.....	88
Figura 27 - Contribuição para a evolução para a Indústria 4.0 .....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura de dados sobre mercado .....	75
Tabela 2 - Estrutura de dados sobre foco comercial.....	76
Tabela 3 - Estrutura de dados sobre a escolha de tecnologias .....	81
Tabela 4 - Estrutura de dados sobre padronização e customização .....	82
Tabela 5 - Estrutura de dados sobre diferenciais.....	83
Tabela 6 - Estrutura de dados sobre resultados e benefícios gerados .....	86
Tabela 7 - Estrutura de dados sobre parcerias para o fornecimento de hardware ...	89
Tabela 8 - Estrutura de dados sobre contribuição para a implementação da Indústria 4.0.....	92
Tabela 9 - Estrutura de dados sobre desafios enfrentados.....	95
Tabela 10 - Estrutura de dados sobre oportunidades para superar desafios .....	100
Tabela 11 - Estrutura de dados sobre estratégias tecnológicas .....	104
Tabela 12 - Estrutura de dados sobre implementação de tecnologias .....	107
Tabela 13 - Estrutura de dados sobre inovação nas startups.....	109

## LISTA DE SIGLAS

CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
COO	<i>Chief Operating Officer</i>
CPO	<i>Chief Product Officer</i>
CPS	Sistemas ciberfísicos
CPPS	Sistemas ciberfísicos de produção
CTO	<i>Chief Technology Officer</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HaaS	<i>Hardware as a Service</i>
IA	Inteligência Artificial
IoS	<i>Internet of Services</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
PMF	<i>Product Market Fit</i>
PwC	PricewaterhouseCoopers
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
ROI	<i>Return Over Investment</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
S&P	Índice Standard & Poor
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	11
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Estrutura do Trabalho	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	16
2.1 Indústria 4.0	16
2.1.1 Revoluções industriais	16
2.1.2 Conceito de Indústria 4.0	19
2.1.3 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0	23
2.1.4 Implementação da Indústria 4.0	29
2.2 Inovação e startups	31
2.2.1 Definição de inovação	31
2.2.2 Tipos de inovação	34
2.2.3 Adoção de tecnologias	36
2.2.4 Modelo de negócios	40
2.2.5 Startups	45
2.3 Startups e Indústria 4.0	51
2.3.1 Modelos de negócios de startups da Indústria 4.0	51
2.3.2 <i>Indtechs</i>	53
2.3.3 <i>Indtechs</i> e implementação da Indústria 4.0	55
<b>3 METODOLOGIA</b>	60
3.1 Classificação da Pesquisa	60
3.2 Procedimento Metodológico	62
<b>4 DESENVOLVIMENTO</b>	72
4.1 Contextualização das empresas	72
4.2 Segmento-alvo e clientes das <i>indtechs</i>	74

<b>4.3</b>	<b>Relacionamento com clientes das <i>indtechs</i></b>	<b>76</b>
<b>4.4</b>	<b>Proposta de valor das <i>indtechs</i></b>	<b>77</b>
<b>4.5</b>	<b>Monetização das <i>indtechs</i></b>	<b>87</b>
<b>4.6</b>	<b>Parcerias</b>	<b>88</b>
<b>4.7</b>	<b>Contribuições das <i>indtechs</i> para a implementação da Indústria 4.0</b>	<b>91</b>
<b>4.8</b>	<b>Desafios e oportunidades das <i>indtechs</i></b>	<b>95</b>
<b>4.9</b>	<b>Estratégia das <i>indtechs</i></b>	<b>104</b>
<b>4.10</b>	<b>Inovação das <i>indtechs</i></b>	<b>108</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>114</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXO I – ROTEIRO DE ENTREVISTAS</b>	<b>126</b>
	<b>ANEXO II – QUADRO RESUMO DAS STARTUPS DA AMOSTRA VÁLIDA</b>	<b>127</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

O mundo dos negócios se torna cada vez mais globalizado e competitivo resultando em demandas voláteis, ciclos de vida de produtos mais curtos e uma maior complexidade para a operação (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018). Com a aceleração da mudança tecnológica e o dinamismo do mercado tornou-se primordial desenvolver capacidades inovadoras. Nesse cenário, a competitividade organizacional depende mais do que nunca do uso efetivo da tecnologia para criar valor (SCHWAB, 2017). Prova do dinamismo e competitividade do mercado é a disrupção enfrentada por empresas centenárias a partir de empresas jovens e desafiadoras, as startups (MCKINSEY & COMPANY, 2019a).

Nesse sentido, inovações em modelos de negócios são tão importantes que podem superar competidores com uma tecnologia melhor. “Hoje, a inovação deve incluir modelos de negócios, ao invés de apenas tecnologia e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Os modelos de negócios são importantes. Um melhor modelo de negócios muitas vezes supera uma melhor ideia ou tecnologia ao invés de apenas tecnologia e P&D” (CHESBROUGH, 2007, p. 12, tradução nossa). A inovação em modelos de negócios é representada por mudanças em elementos-chave da proposta de valor, interação com parceiros, fornecedores e clientes ou na monetização da empresa (MÜLLER; BULIGA; VOGIT, 2018).

Empresas que desejam inovar seus modelos de negócios podem aproveitar oportunidades como novas tecnologias (MÜLLER; BULIGA; VOGIT, 2018). A incorporação de tecnologias digitais na produção resultou no conceito de Indústria 4.0 que hoje é um dos temas mais relevantes na academia e no mundo profissional (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Os sistemas ciberfísicos permitem a integração do mundo físico e virtual, extraindo enormes quantidades de dados em tempo-real para o auxílio à tomada de decisão (XU; XU; LI, 2018). Assim, a Indústria 4.0 envolve mudanças técnicas e de produção, que trazem inúmeras possibilidades de cooperação, melhoria de relacionamentos com clientes e foco em soluções com a oferta de produtos como serviços (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018).

O uso de tecnologias da informação e de comunicação que integram a produção tem um impacto potencial revolucionário. “O maior potencial econômico da Indústria 4.0 é a habilidade de acelerar a tomada de decisão corporativa e processos de adaptação” (SCHUH *et al.*, 2020, p.11, tradução nossa). Empresas em um estágio avançado de digitalização criam valor por meio de ecossistemas de soluções integradas de ponta a ponta que servem os clientes pela integração de operações, tecnologias e pessoas (PWC, 2018).

A Indústria 4.0 traz agilidade à empresa, permite que ela aprenda e se adapte constantemente de acordo com o mercado dinâmico e disruptivo. Essa agilidade é uma vantagem competitiva significativa e prova-se valiosa em crises como a pandemia do novo coronavírus enfrentada por todo o mundo (SCHUH *et al.*, 2020).

O uso de tecnologias como a internet das coisas, serviços em nuvem, *Big Data* e *Analytics* permitem a criação de manufaturas inteligentes, que são flexíveis e podem se ajustar automaticamente, aumentando a qualidade e a produtividade da empresa. Essas tecnologias possibilitam a customização em massa e a redução do consumo de recursos, tornando a manufatura mais sustentável (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

A implementação da Indústria 4.0 é um desafio que requer uma estratégia focada, comprometimento da diretoria e colaboração entre atores da empresa e da cadeia de valor. Por isso, poucas companhias no mundo usufruem completamente dos benefícios dessa revolução industrial. No ano de 2018, cerca de dois terços das empresas de manufatura globais ainda não tinham se digitalizado ou sequer começado esse processo (PWC, 2018).

Economias emergentes enfrentam desafios adicionais para a implementação dessas tecnologias como: o elevado custo de tecnologias em comparação com investimentos baseados na busca de mão de obra barata, cadeias de suprimento pouco integradas, valorização maior de produtos de baixo custo em detrimento de produtos mais inovadores, falta de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, instabilidade política e econômica e baixa qualidade de educação. Outra lacuna identificada é a baixa maturidade em estágios anteriores de revoluções industriais, que dificulta a digitalização dessas economias (DALENOGARE *et al.*, 2018).

O governo brasileiro lançou o programa chamado “Rumo à Indústria 4.0” para disseminar conceitos e apoiar a adoção dessas tecnologias na tentativa de fazer com que o país acompanhasse essa revolução tecno-científica (ABDI, 2017). Porém, as empresas do país ainda não conseguem as melhorias de desempenho e diferenciação proporcionadas pelas tecnologias da Indústria 4.0 (PWC, 2016).

No Brasil, as tecnologias da Indústria 4.0 são pouco difundidas e pouco implementadas, concentrando-se atualmente nos processos de produção industrial (CNI, 2020). A perda da competitividade da indústria brasileira é preocupante, especialmente porque ela gera “os maiores multiplicadores da atividade econômica, maiores efeitos de escala e maiores oportunidades para a inovação” (ABDI, 2017, p.12).

Um estudo conduzido pela McKinsey (2019b) avaliou 22 práticas críticas para o sucesso da transformação digital de empresas no Brasil, analisando os pilares de estratégia, cultura, capacidades e organização. Esse estudo concluiu que a nota média da maturidade para transformação digital das empresas brasileiras é de apenas 39%, com setores como indústrias avançadas e indústrias de base com a menor pontuação. Foram apontados desafios principais a priorização e alinhamento organizacional, estrutura e integração de dados para apoio à tomada de decisão, cultura de tomada de decisão baseada em dados e talentos preparados para o trabalho digital e analítico.

Estudos revelam que as empresas brasileiras buscam soluções de automatização operacional que focam no aumento da produtividade e não implementam soluções de tecnologias da informação e comunicação (TIC) que poderiam promover vantagens competitivas em inovação. Dessa forma, dois dos pilares da Indústria 4.0 (tecnologias de processamento) e TICs não são fortalecidas no ecossistema (DALENOGARE *et al.*, 2018).

As empresas brasileiras, no geral, não possuem conhecimentos suficientes sobre as diversas tecnologias da Indústria 4.0 para sua implementação independente. Assim, surge a oportunidade de contratar serviços externos para o desenvolvimento de projetos de implementação e aquisição das tecnologias (CNI, 2020).

Existe uma alta expectativa do desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil (PWC, 2016). Os fatores que mais motivam as empresas brasileiras a adotarem essas

tecnologias são: a redução de custos e o aumento de produtividade e da receita (CNI, 2020; PWC, 2018). Em resposta a essas dificuldades do mercado e à demanda latente por tecnologia, o setor de startups prestadoras de serviços de Indústria 4.0 cresceu exponencialmente nos últimos anos. Em 2021 o Brasil conta com mais de 447 startups que trabalham com poder computacional, Inteligência Artificial industrial, interação homem-máquina e manufatura avançada. Esse grupo de empresas têm atraído investimentos relevantes, no ano de 2020 foram investidos US\$ 61,51 milhões nas startups brasileiras de Indústria 4.0 (DISTRITO, 2021b).

Com a chegada das tecnologias da Indústria 4.0 e a digitalização dos negócios, organizações tradicionais enfrentam desafios como a falta de flexibilidade, a fragmentação da cadeia produtiva e uma competição globalizada de produtos e serviços inteligentes. Por esse motivo, é necessário que as empresas que ainda adotam modelos de negócios tradicionais os repensem. Contudo a pesquisa científica não é focada no aspecto de modelos de negócios que integram as inovações tecnológicas (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018). De maneira geral, existe pouco conhecimento sobre o impacto e contribuição da Indústria 4.0 em países emergentes (DALENOGARE *et al.*, 2018). Quando se trata de startups desse setor, a lacuna é ainda maior. Pouco se sabe sobre os modelos de negócios prestados por essas empresas que possuem um potencial tão grande no mercado.

Para auxiliar nessa lacuna de conhecimento, o estudo aqui descrito visa descrever as características dos modelos de negócios das startups brasileiras de Indústria 4.0. Busca-se responder às perguntas: quais são os pilares dos modelos de negócios das startups brasileiras de Indústria 4.0? Quais são os pontos comuns ou diferenciados nas propostas de valor dessas as empresas? Quais são os ganhos potenciais obtidos por esses modelos de negócios para a transformação digital das empresas? Como as startups brasileiras têm ajudado no desafio da digitalização da indústria brasileira?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral é investigar os modelos de negócios de *indtechs* brasileiras e sua contribuição para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar na literatura a relação entre startups e implementação da Indústria 4.0;
- Analisar modelos de negócio das *indtechs* brasileiras;
- Identificar as contribuições das *indtechs* para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil.

### 1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a justificativa do projeto, seus objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo detalha o referencial teórico explorando em três temas principais. Inicialmente, explora-se o conceito de revoluções industriais, Indústria 4.0 e suas tecnologias habilitadoras. A subseção seguinte aborda inovação e startups com foco em modelos de negócios. O último tema explora as startups de Indústria 4.0, o conceito de *indtechs* e a relação identificada na literatura das *indtechs* com a implementação da quarta revolução industrial.

O terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto. O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento do projeto com a caracterização da amostra, os resultados obtidos a partir dos pilares do modelo de negócios e detalha temas como desafios, oportunidades, estratégia e inovação das *indtechs*. O quinto capítulo apresenta as conclusões do estudo, sugestões de trabalhos futuros e lições aprendidas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Indústria 4.0**

#### **2.1.1 Revoluções industriais**

Kondratieff (1935) explica que a dinâmica da economia capitalista é complexa e cíclica. Ele teoriza que esse movimento seria composto de ciclos econômicos longos que duram entre 18 e 60 anos. Dentro desses ciclos existiriam outros intermediários com duração entre sete e 11 anos, compostos de outras ondas menores de um ano e meio a três anos de duração. Esse acontecimento seria então associado à prosperidade e à recessão. Schumpeter (1939) afirma que esse fenômeno histórico e estatístico conhecido como ciclos de negócios é causado por um elemento dominante, a inovação e que é um fator essencial para o desenvolvimento econômico. Portanto, o tipo de inovação realizada pelo empreendedor influenciará as fases e a duração de um ciclo a partir das respostas que ela gera na estrutura industrial, na comunidade de negócios e nas condições financeiras (SCHUMPETER, 1939).

Outro fator determinante para definir o padrão dos ciclos de negócios em uma indústria são os regimes tecnológicos. Malerba e Orsenigo (1996) os definem como a combinação de conhecimentos e avanços técnicos acumulados, oportunidades tecnológicas e condições de apropriabilidade das inovações. Assim, o desenvolvimento de indústrias é visto como um fator-chave para o crescimento econômico (WONGLIMPIYARAT, 2005).

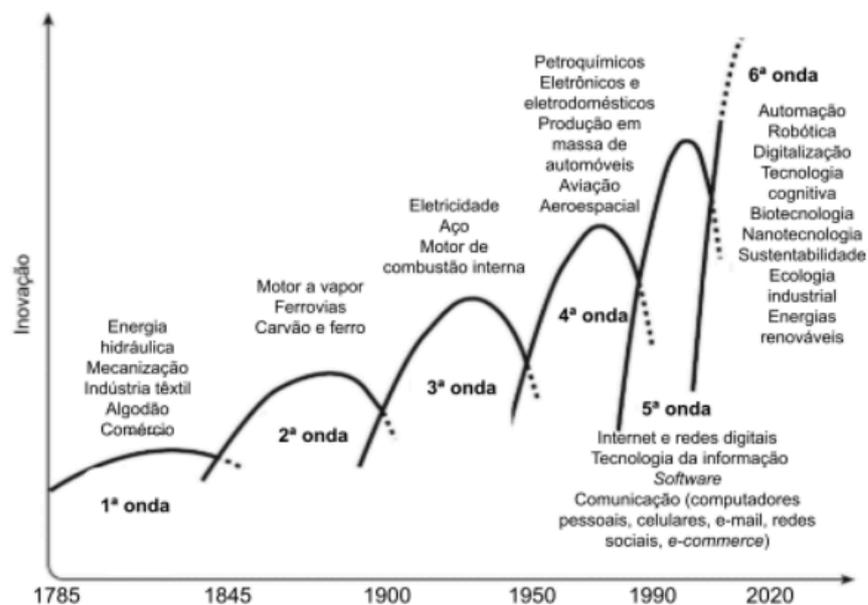
Wonglimpiyarat (2005), destaca que o primeiro ciclo de Kondratieff tem como centro o algodão para as inovações feitas na indústria têxtil. O segundo ciclo está associado ao carvão movendo máquinas de vapor em diversas indústrias e ao ferro para a construção de ferrovias. Em seguida, o aço é utilizado para revolucionar indústrias e a eletricidade causa disrupção no mundo, caracterizando a terceira onda.

A quarta girou em torno de energia, principalmente no uso do petróleo como combustível e a criação do motor de combustão interna. Foi a era da produção em massa de automóveis, dos eletrodomésticos, da criação de materiais sintéticos e farmacêuticos. A quinta onda caracterizou-se como a inovação baseada em informação e se estabeleceu a partir dos circuitos integrados, mais conhecidos como

*chips*, telecomunicação e redes de computadores (SCHUMPETER, 1939; PEREZ, 2010; WONGLIMPIYARAT, 2005).

A sexta onda está em curso hoje e será baseada em cibernética com a criação de sistemas auto-regulados, automatizados e com tecnologias cognitivas aplicadas (tecnologias *smart*, inteligência artificial, interfaces neurais). Outros grandes focos serão a robótica, biotecnologia, nanotecnologia, nanomedicina, tecnologias aditivas, foco em desenvolvimento sustentável e energias renováveis. (WONGLIMPIYARAT, 2005; GRININ; GRININ; KOROTAYEV, 2017). Uma representação visual das ondas de inovação está ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Ondas de inovação



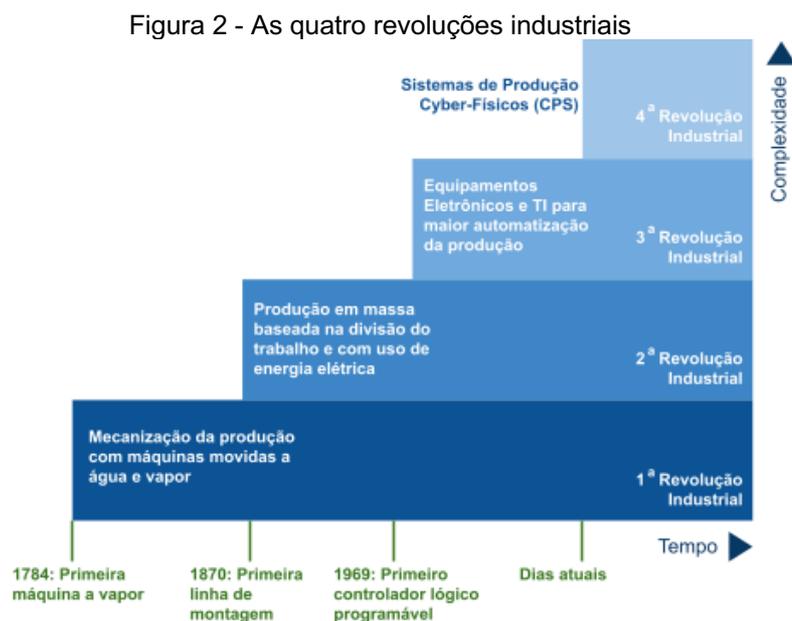
Fonte: Adaptado de Hargroves e Smith (2005, p.17)

Outra maneira de agrupar e compreender os processos históricos, econômicos e sociais cíclicos é através das Revoluções Industriais. Schumpeter identifica que historicamente, a primeira onda de Kondratieff coincide com a primeira revolução industrial. As revoluções industriais devem ser entendidas como o resultado de uma série de desenvolvimentos posteriores que possibilitaram a criação de uma nova ordem social e econômica (SCHUMPETER, 1939).

A industrialização começou na Inglaterra no fim do século XVIII. Essa primeira revolução industrial teve como característica principal a mecanização da indústria. Nesse período a máquina a vapor substituiu processos artesanais e o carvão foi

utilizado como fonte de energia primária. Essa revolução causou mudanças profundas em toda a cadeia de valor econômico e organização social da época. A segunda revolução se iniciou no século XX com o uso da eletricidade e do aço, que resultaram na era da produção em massa. Foram desenvolvidas as primeiras linhas de produção, que permitiam a fabricação de altos volumes a um baixo custo, e as fábricas passaram a adotar a divisão do trabalho e serem movidas a eletricidade (KAGERMANN *et al.*, 2013; COELHO, 2016).

A terceira revolução se iniciou nos anos 60 e é conhecida pela digitalização, automação e controle de linhas de produção utilizando a eletrônica e a tecnologia da informação. Semicondutores, computadores e a robotização das linhas de produção permitiam que a informação fosse coletada, armazenada e processada digitalmente e a comunicação atingiu um patamar antes desconhecido a partir da internet e dos telefones móveis. No século XXI houve o aprimoramento dessas tecnologias, tornando-as cada vez mais precisas, acessíveis e integradas. A quarta revolução industrial então, teve foco na virtualização utilizando como base sistemas ciberfísicos (CPS) e Internet das Coisas (IoT) (KAGERMANN *et al.*, 2013; COELHO, 2016). “É caracterizada pela onipresença da internet e internet móvel, sensores menores e mais poderosos e pela Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (ML)” (SCHWAB, 2016, p.12, tradução nossa). Esse processo de transição tecnológica encontra-se na Figura 2.



Fonte: Adaptado de Kagermann *et al.* (2013)

A transformação que vivemos nos últimos 30 anos tem um impacto comparável à mecanização e eletrificação das primeiras revoluções industriais (KAGERMANN *et al.*, 2013). A busca pela produtividade e pela eficiência nas manufaturas está se tornando cada vez mais importante e hoje é um movimento global. Governos nos mais diversos países estão apoiando essa iniciativa em busca da competitividade de sua produção e assim surgem programas como *Industrial Internet and Advanced Manufacturing* nos Estados Unidos, *La Nouvelle France Industrielle* na França e a *Industrie 4.0* na Alemanha. Para realizar esse objetivo estão sendo incorporadas tecnologias da informação e comunicação (TICs) como a “... Internet das Coisas (IoT), automação industrial, cibersegurança, robótica inteligente, gerenciamento do ciclo de vida dos produtos, tecnologias semânticas e *Big Data* industrial.” (POSADA *et al.*, 2015, p.26).

### **2.1.2 Conceito de Indústria 4.0**

O termo *Industrie 4.0* surgiu na feira de Hannover na Alemanha em 2011 (SCHWAB, 2016). Esse termo se refere à quarta revolução industrial, que mudou radicalmente a organização das cadeias de valor “criando um mundo onde os sistemas virtuais e físicos de manufaturas globais cooperam uns com os outros de maneira flexível” (SCHWAB, 2016, p.12, tradução nossa). Esse conceito incorpora uma visão holística da organização, se estendendo por toda a produção, clientes, funcionários, parceiros, fornecedores e operações (DELOITTE, 2017). Assim, a Indústria 4.0 terá implicações em diversas áreas como na organização do trabalho, modelos de negócios, expectativas dos clientes, serviços prestados e em toda a proposta de valor (KAGERMANN *et al.*, 2013).

A Indústria 4.0 permite uma postura mais flexível da operação e a customização em massa, a partir da utilização de dados em tempo real para uma tomada de decisão holística. “A habilidade de ajustar e aprender com os dados em tempo real pode tornar as organizações mais responsivas, proativas e preditivas” (DELOITTE, 2017, p. 8, tradução nossa). As tecnologias capturam informações do mundo físico e analisam de forma avançada e digital o desempenho auferido. A partir disso, tomam decisões otimizadas que serão aplicadas automaticamente no mundo físico. É importante notar que existe uma retroalimentação desse sistema, onde as organizações podem

aprimorar constantemente seus processos e combinar o aprendizado de pessoas e máquinas com a análise de dados (DELOITTE, 2017).

Dentre os inúmeros benefícios da Indústria 4.0 também é possível citar a sustentabilidade da produção. Fábricas digitalizadas podem produzir lotes menores e customizáveis, fabricando as quantidades corretas enquanto utilizam o mínimo de recursos possível. Assim, a digitalização da cadeia produtiva a torna mais eficiente, permitindo a redução do uso de recursos, bem como a redução dos custos de produção. A disponibilidade de dados permite a condução de análises socioambientais e a utilização de materiais avançados e soluções para a redução do consumo de combustíveis fósseis permitem a produção de itens mais sustentáveis (DISTRITO, 2021b).

As tecnologias da Indústria 4.0 buscam integrar todas as áreas e funções da empresa de três maneiras diferentes: integração vertical, horizontal e de ponta a ponta. A primeira se refere ao uso de sistemas ciberfísicos (CPS) como sensores e atuadores. Assim é possível criar um sistema de manufatura reconfigurável que permeia os diferentes níveis hierárquicos da organização. A integração horizontal envolve a gestão e troca de informações entre diferentes atores do processo de produção como *marketing*, logística, gestão de recursos e demais parceiros. A integração ponta a ponta permite uma visão holística digital de todo o ciclo de vida do produto desde a sua concepção, manufatura até seu pedido, expedição e consumo (POSADA *et al.*, 2015).

Essa integração é feita a partir de tecnologias digitais e físicas. Essencialmente, a Indústria 4.0 vai integrar sistemas ciberfísicos (CPS) na produção e logística e usará a Internet das Coisas (IoT) e dos Serviços (IoS) no processo industrial (KAGERMANN *et al.*, 2013). É importante ressaltar que o foco não é nas tecnologias em si, mas sim em como elas podem ser integradas para melhorar a operação e resultar no crescimento da empresa (DELOITTE, 2017; MCKINSEY & COMPANY, 2020). A Indústria 4.0 tem o potencial de aumentar a qualidade, melhorar a produtividade e ajudar as empresas a superarem o desafio de entregar produtos individualizados em um pequeno *lead time* (ZHONG *et al.*, 2017).

Para atingir os objetivos organizacionais as instalações possuem sensores e microprocessadores que conectam máquinas e equipamentos robóticos a sistemas.

Tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), a computação em nuvem, aprendizado de máquina (ML), Inteligência Artificial (AI), *Blockchain*, ferramentas de análise e *business intelligence* estão sendo aplicadas em empresas ao redor do mundo para aumentar a sua competitividade. As interações entre humanos e máquinas estão sendo otimizadas por interfaces *touch screen*, Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Impressoras 3D, drones, veículos autônomos e materiais avançados são aplicados para garantir mais eficiência e qualidade no processo produtivo (DELOITTE, 2017; MCKINSEY & COMPANY, 2020; SCHWAB, 2016).

Outras oportunidades que surgem com essa revolução são a cooperação homem-máquina, incluindo a interação de colaboradores com robôs e máquinas inteligentes na linha de produção. Modelos 3D, simulações e computação visual permitem a gestão de dados e facilitam a interação das demais tecnologias. Os produtos *smart* são identificáveis unicamente, assim, será possível ter sua autoconsciência com registros de sua história, status, localização, estratégia de entrega e serviços em tempo real. Com tantas otimizações possíveis, as empresas podem ser mais eficientes energeticamente e mais sustentáveis (POSADA *et al.*, 2015; KAGERMANN *et al.*, 2013). As diversas oportunidades de aplicação da tecnologia na cadeia de valor estão apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Caracterização de tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas na cadeia de valor

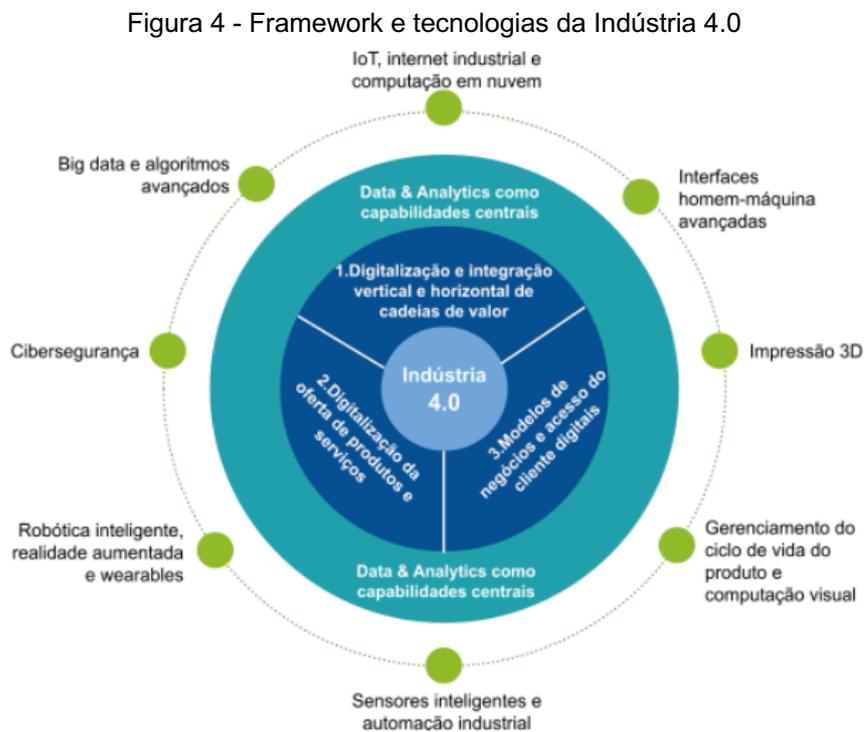


Fonte: McKinsey & Company (2020), tradução nossa

Um estudo realizado pela PWC (2016) elenca três pilares da Indústria 4.0. O primeiro é a digitalização de ponta a ponta da empresa e a integração do ecossistema

tanto verticalmente quanto horizontalmente através de parceiros e demais *stakeholders* envolvidos. O segundo pilar é a digitalização da oferta de produtos e serviços e o terceiro a oferta de modelos de negócios digitais e canais digitais de interação com os clientes.

Assim, as tecnologias à disposição podem gerar um valor incalculável à empresa a partir da coleta de dados e sua análise. Pode-se resumir a aplicação da Indústria 4.0 na Figura 4, com os três principais pilares para essa revolução no centro, a coleta e análise de dados possibilitando a utilização das tecnologias disponíveis (PWC, 2016).



Fonte: Adaptado de PWC (2016) e Posada *et al.* (2015)

Essa revolução foi apresentada aqui com foco no contexto industrial e empresarial, porém, é interessante explicitar que a Indústria 4.0 é mais ampla que isso. Autores como Schwab (2016) afirmam que o grande diferencial dessa revolução é a fusão de tecnologias no mundo físico, digital e biológico. Essa harmonia e integração de tantos conhecimentos e tecnologias torna essa revolução muito poderosa. Além do mais, a difusão da tecnologia está ocorrendo muito mais rápido que nas anteriores.

Durante a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) as empresas sofreram inúmeros impactos em questões de suprimentos, demanda e mão de obra. A falta de materiais é um problema comum e a volatilidade do cenário mundial causou uma pressão alarmante para que as empresas se ajustassem e flexibilizassem suas operações. De acordo com uma pesquisa feita pela McKinsey & Company (2020) a resposta imediata à crise foi a digitalização, a pesquisa afirma que 39% das indústrias entrevistadas adotaram soluções para aumentar a transparência da cadeia de suprimentos e estão acelerando programas de automação para mitigar os efeitos da falta de mão de obra. Com a pandemia do COVID-19 a adoção da Indústria 4.0 foi acelerada pois ela apoia empresas a se tornarem mais eficientes, aumenta a velocidade de lançamento de produtos, efetividade de serviços, customização de produtos e criação de novos modelos de negócios (MCKINSEY & COMPANY, 2020).

### **2.1.3 Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0**

Conforme visto anteriormente, existem diversas tecnologias e técnicas para a implementação da Indústria 4.0. Foram selecionadas quatro tecnologias tidas como particularmente significativas para serem brevemente apresentadas: sistemas ciberfísicos (CPS); a Internet das Coisas (IoT); a computação em nuvem e o *Big Data*. A seleção dessas tecnologias se deu a partir do trabalho de Kagermann *et al.* (2013) e dos estudos de Xu, Xu, Li (2018) e Zhong *et al.* (2017).

#### **a) Sistemas Ciberfísicos (CPS)**

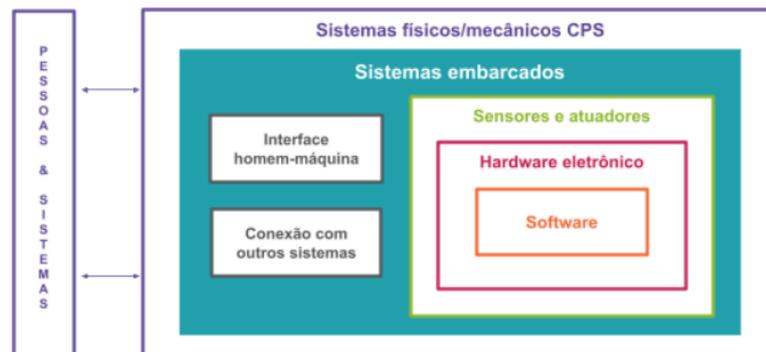
Os sistemas ciberfísicos permitem a convergência do mundo físico e do mundo virtual a partir de sistemas embarcados autônomos ou microcomputadores que são conectados entre si ou com a internet (KAGERMANN *et al.*, 2013). Os CPS são muito valiosos, pois são considerados uma tecnologia segura, confiável, eficiente e capaz de fornecer informações em tempo real (XU; XU; LI, 2018).

Os sistemas ciberfísicos são compostos de sistemas de armazenamento e estoque, máquinas inteligentes e instalações produtivas que captam e analisam dados e interagem de forma altamente precisa. A partir dessa troca de dados eles são capazes de se controlarem independentemente, tomando decisões inteligentes e disparando ações com autonomia (POSADA *et al.*, 2015; KAGERMANN *et al.*, 2013). Os dados são obtidos a partir de microcontroladores que controlam sensores e atuadores. Os sensores instalados captam informações do mundo físico, que são

extraídas e trocadas entre eles e a internet, redes sem fio ou nuvem (LU, 2017). Todos esses dados gerados agregados são chamados de *Big Data* (LEE; KAO; YANG, 2014).

Os CPS dependem de um alto nível de integração, coordenação e fluidez entre elementos físicos e computacionais, conforme indicado pela Figura 5. Esses sistemas têm a capacidade de avaliar, controlar e interagir com os humanos e com o mundo físico. Isso é possível a partir da integração de capacidades de computação, comunicação e armazenamento (XU; XU; LI, 2018). Os esforços da ciência, teoria cibernética, engenharia mecânica e mecatrônica e ciência da computação tornaram essa tecnologia possível (ZHONG et al., 2017) permitindo maior capacidade, adaptabilidade, escalabilidade, resiliência, segurança e usabilidade que os sistemas embarcados tradicionais (XU; XU; LI, 2018).

Figura 5 - Interação entre humanos e máquinas em sistemas ciberfísicos



Fonte: Adaptado de Monostori (2014)

Hoje os CPS já são aplicados nos mais diversos ramos, possibilitando a criação de soluções para a segurança e monitoramento, avanços significativos na saúde, avaliação de impactos ambientais, medidas máquina para máquina, gestão de energia, melhoria do tráfego e de logística (ZHONG et al., 2017). Algumas das soluções que utilizam CPS são: carros autônomos, cirurgias robóticas, prédios inteligentes e redes de distribuição de energia inteligentes (MONOSTORI, 2014).

Essa tecnologia possibilita o planejamento colaborativo, a análise, coleta de feedbacks, avaliação de performance, melhorias e manutenção de processos produtivos. Os sistemas ciberfísicos implementados na produção são chamados de CPPS (*Cyber-Physical Production Systems*) (LU, 2017). Alguns autores consideram que os CPS resultarão na “fusão de processos técnicos e de negócios, abrindo

caminho para uma nova era industrial, a fábrica inteligente” (XU; XU; LI, 2018, p. 2948). Os sistemas ciberfísicos devem criar a base para a Internet das Coisas, portanto, são a essência e o que torna a Indústria 4.0 possível (XU; XU; LI, 2018).

#### **b) Internet das Coisas (IoT)**

A IoT e a sua aplicação como serviço, chamada de IoS, podem converter fábricas em ambientes inteligentes através da criação de redes que integram todo o processo de produção (KAGERMANN *et al.*, 2017). A Internet das Coisas é considerada como fator chave para a próxima geração de manufatura avançada, pois ela permite a criação de redes virtuais globais e dinâmicas que apoiam a fábrica inteligente (XU; XU; LI, 2018). A IoT permite a conectividade avançada de objetos, sistemas e serviços possibilitando a comunicação entre objetos e o compartilhamento de dados. O objetivo da IoT é resolver problemas de comunicação entre os objetos e sistemas (ZHONG *et al.*, 2017).

A IoT utiliza uma tecnologia de identificação automática que torna os objetos inteligentes. Depois de serem identificados por essa técnica *auto-id* os objetos utilizam sua “habilidade inteligente de se conectar e interagir com os outros através de formas específicas de interconectividade” (ZHONG *et al.*, 2017, p.620, tradução nossa). Isso acontece porque os objetos são pré-programados para realizar determinadas ações. Ao serem equipados com os sensores eles recebem uma lógica que será seguida quando eles forem colocados em utilização e isso permite a criação de enormes quantidades de dados (ZHONG *et al.*, 2017).

Schwab (2016) define esse conceito como o relacionamento entre coisas e pessoas que é possível através da conexão de várias tecnologias e plataformas. A IoT refere-se então a uma rede que conecta objetos físicos e virtuais que possuem características e atributos próprios. A IoT depende de tecnologias sensoriais, de comunicação, de rede e de processamento de dados (XU; XU; LI, 2018). A conexão e troca de dados é feita por meio de sensores, atuadores e outros equipamentos embarcados (ZHONG *et al.*, 2017).

A IoT surgiu a partir da aplicação de RFID (*Radio Frequency Identification*) que conecta objetos utilizando a identificação por radiofrequência. Essa técnica permite que os microchips transmitam informações para um leitor. Outra tecnologia importante para a IoT são as redes de sensores sem fio (WSN) que possibilitam a interconexão

de sensores inteligentes para o monitoramento e aferição de dados. A RFID e a WSN são vistas como as tecnologias mais importantes para permitir a rede IoT. Outras tecnologias associadas são códigos de barras, computação em nuvem, comunicação por aproximação e serviços baseados em localização (XU; XU; LI, 2018).

Atualmente, a IoT liga diversos sensores e atuadores e está conectada a aparelhos móveis que operam através de Wi-Fi, *Bluetooth*, redes de internet celular, GPS (*Global Positioning System*) e comunicação por aproximação (NFC) (XU; XU; LI, 2018). No futuro, a internet 5G vai tornar a IoT ainda mais confiável e segura, já que ela é necessária para a comunicação de máquina para máquina e para atender às novas necessidades da Indústria 4.0 (LU, 2017).

A IoT é uma tecnologia que tem sido amplamente adotada. Atualmente ela é aplicada em áreas como a segurança e cidades inteligentes, logística e transporte, análise de impactos sociais e melhoria de qualidade de vida, telecomunicações, gestão energética, captura e integração de dados em tempo real para a otimização da manufatura (ZHONG *et al.*, 2017; XU; XU; LI, 2018). Outras aplicações são controle e automação de iluminação, aquecimento, aspiradores robóticos e monitoramento robótico (ZHONG *et al.*, 2017).

A IoT, IoS e a Indústria 4.0 tem o potencial de mudar as relações dentro da cadeia de valor envolvendo mais os clientes em todo o processo. Essa tecnologia pode ser elencada como uma das principais para a customização de produtos e para a priorização do cliente na nova realidade empresarial. Outro impacto importante da IoT é a integração e transferência do conhecimento dentro da organização e entre os demais parceiros. Através da disponibilização de informações é possível melhorar a eficiência e eficácia da gestão na Indústria 4.0 (LU, 2017).

O número de sensores e equipamentos que têm essa habilidade de conexão está crescendo em um ritmo impressionante. Hoje existem “sensores sendo instalados em casas, roupas, acessórios, cidades, nos transportes, redes de energia e também nos processos de manufatura” (SCHWAB, 2016, p. 22, tradução nossa). A projeção é que nos próximos anos tenhamos trilhões de equipamentos que podem se conectar à internet, o que vai mudar radicalmente a forma com que gerenciamos as cadeias de valor por permitir a gestão, monitoramento e otimização granulares das operações (SCHWAB, 2016). Essa quantidade de equipamentos inteligentes vai gerar volumes

exorbitantes de dados, criando um novo desafio para a gestão, armazenamento e utilização de informações. Nesse aspecto, são necessárias tecnologias como a computação em nuvem, ciência de dados e *Data Analytics* para entregar valor às empresas (XU; XU; LI; 2018).

### **c) Cloud Computing**

“A computação em nuvem é um termo geral que se refere à entrega de serviços computacionais por meio de recursos escaláveis pela internet” (ZHONG *et al.*, 2017, p. 621, tradução nossa). Os sistemas de computação em nuvem podem fazer todas as tarefas que um computador executa. É possível processar textos, customizar programas e realizar qualquer outra atividade (ZHONG *et al.*, 2017). A computação em nuvem permite que um alto volume de dados seja armazenado (XU; XU; LI, 2018) e processado sistemicamente permitindo uma tomada de decisão mais precisa (YAO *et al.*, 2017; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019).

Uma nuvem ideal deve ter cinco características: autoatendimento sob demanda, amplo acesso à rede, *pool* de recursos, elasticidade rápida e serviços mensurados. Esse serviço pode ser prestado como um software, como uma plataforma ou como uma infraestrutura (ZHONG *et al.*, 2017). A partir dessa definição é possível compreender algumas das vantagens como a alta performance a baixo custo, sua flexibilidade, capacidade de extensão/elasticidade, alocação dinâmica e utilização ótima de recursos (XU; XU; LI, 2018; ZHONG *et al.*, 2017). Adotar a tecnologia em nuvem não requer investimentos adicionais em novas infraestruturas, softwares ou treinamento de pessoal, fator atrativo para as empresas. Contudo, ainda existem preocupações quanto à privacidade e segurança das redes em nuvem (ZHONG *et al.*, 2017).

Essa tecnologia pode impactar a Indústria 4.0 por permitir a manufatura em nuvem e negócios como a Manufatura como Serviço (MaaS). Isso é possível a partir da modularização e a orientação para serviços, que permite orquestrar e compartilhar componentes. A manufatura em nuvem utiliza uma rede de recursos altamente distribuída com servidores em nuvem e permite a tomada de decisão apoiada por *cloud computing* (XU; XU; LI, 2018).

Serviços em nuvem permitem acesso rápido à informação, plataformas, softwares e infraestrutura. A tecnologia em nuvem permite a armazenagem de dados

em servidores na internet cujo acesso remoto é bastante simples. Sistemas de engenharia baseados em nuvem podem oferecer acesso sob demanda a esses recursos de forma descentralizada, o que favorece o desenvolvimento e compartilhamento entre a equipe, além de facilitar a integração entre equipamentos que compartilham informações e coordenam atividades mesmo estando fisicamente distantes (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019; PISCHING *et al.*, 2015).

A computação em nuvem é aplicada na educação, saúde, manufatura e transportes. Alguns exemplos de utilização dessa tecnologia são projetos de segurança para crianças, otimização de redes de distribuição de água, testes de estruturas na construção civil, simulações de situações de perigo, veículos autônomos, manufatura inteligente, comunicação e extração de dados forenses (ZHONG *et al.*, 2017).

#### **d) Big Data**

A utilização dos CPSs e da IoT permitem a coleta de dados em tempo real de objetos, transações de interesse como vendas, informações sobre o estoque e também sobre os clientes. Com isso, são geradas quantidades massivas de dados, chamados de *Big Data* (WANG *et al.*, 2017). Esses dados são gerados por inúmeras fontes como sensores e objetos, redes, vídeos, áudios, arquivos de acesso e transações, pela internet ou redes sociais que convergem para formar o *Big Data* da organização (ZHONG *et al.*, 2017).

É necessário organizar, analisar e gerir esse massivo banco de dados para gerar inteligência para a empresa. Encontrar padrões, correlações desconhecidas, tendências de mercado, preferências de consumidores e extrair conhecimento relevante se torna uma tarefa cada vez mais complexa com o volume de dados e sua variedade (ZHONG *et al.*, 2017). A análise de dados avançada é essencial para a aplicação da Indústria 4.0, pois ela gera informações valiosas que hoje em dia são chave para a vantagem competitiva das organizações (FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Para isso são utilizadas técnicas de análise e ciência de dados avançadas chamadas de *Data Analytics* como *Data Mining* e *Machine Learning*, por exemplo (LU, 2017; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019, WANG *et al.*, 2017).

A combinação de *Big Data* com técnicas avançadas de análise de dados permite a auto-organização de linhas de produção e otimiza as decisões da empresa

(FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019). Alguns exemplos de aplicações dessa tecnologia são os algoritmos de buscas e publicidade paga do Google, segmentações de clientes, promoções para públicos específicos no varejo, monitoramento de máquinas, redução de falhas e variações em processos e redução de gastos. Algumas pesquisas afirmam que empresas varejistas podem aumentar o retorno de investimentos em 15% a 20% com a implementação de *Big Data Analytics*. Essa tecnologia também pode ser utilizada para aumentar o engajamento de clientes e sua satisfação a partir da análise de dados de CRM (*Customer Relationship Management*). De maneira geral, a análise de *Big Data* pode aumentar a produtividade e competitividade da empresa (ZHONG *et al.*, 2017).

#### **2.1.4 Implementação da Indústria 4.0**

De acordo com Schuh *et al.* (2020), as empresas passam por um processo de desenvolvimento até chegarem à Indústria 4.0 conforme ilustrado na Figura 6. Essa evolução se inicia a partir da computadorização e da conectividade, que são requisitos básicos para a digitalização das operações. Nesse primeiro estágio, a empresa pode usar diversos sistemas de informação de forma isolada geralmente para a otimização de tarefas repetitivas onde as máquinas não estão conectadas e as informações não são interconectadas. O segundo estágio para a digitalização é a conectividade, nesse estágio as aplicações de TI têm componentes interconectados acompanhando os principais processos de negócios. Nesse estágio, as empresas ainda praticam a gestão de projetos tradicional, assim, os processos são morosos e rígidos, impedindo a flexibilidade e adaptabilidade necessária (SCHUH *et al.*, 2020).

A partir da digitalização das empresas, o próximo passo em direção à Indústria 4.0, é a visibilidade onde “sensores permitem que os processos sejam capturados do início ao fim com um grande número de pontos de dados” (SCHUH *et al.*, 2020, p. 19, tradução nossa). A coleta desses dados permite a criação de um modelo digital das fábricas atualizado em tempo real, também chamado de sombra digital. Assim, os gestores podem ver a todo momento o que está acontecendo na empresa e tomar decisões mais assertivas e baseados em informações acuradas. De acordo com Schuh *et al.* (2020), a integração de dados é um dos grandes desafios dessa transição pois geralmente eles ficam em silos dentro de áreas e não há o compartilhamento dessas informações. Por esse motivo, a mudança exige uma adaptação cultural e

organizacional para tornar os processos mais transparentes e ágeis (SCHUH *et al.*, 2020).

O quarto estágio é a transparência, onde a empresa busca entender as causas dos fenômenos a partir de análises de enormes bases de dados, utilizando técnicas como *Data Analytics* e engenharia aplicada. A utilização de *Big Data* nesse contexto “requer a abertura para a utilização de dados em processos decisórios em todos os níveis hierárquicos da companhia” (SCHUH *et al.*, 2020, p. 20, tradução nossa). Assim, a empresa pode estabelecer relações de colaboração entre áreas e especialistas, possibilitando tomadas de decisões mais assertivas e ágeis.

A capacidade preditiva é o quinto estágio, onde a companhia é capaz de simular diferentes cenários futuros. Dessa forma, é possível antecipar eventos e implementar medidas que minimizem impactos negativos. Esse estágio apoia a redução de riscos e eventos inesperados, porém, depende dos estágios anteriores de digitalização e implementação de tecnologias da Indústria 4.0 para assegurar a qualidade das previsões e a relevância das recomendações sugeridas. Assim como os estágios anteriores, esse também requer mudanças culturais, onde os funcionários precisam de mais poder de decisão e a produção precisa ser mais flexível para lidar com os riscos identificados de forma rápida (SCHUH *et al.*, 2020).

O estágio final da implementação da Indústria 4.0 é a adaptabilidade. Uma empresa que possui inteligência para prever futuros cenários pode automatizar a tomada de decisão e a execução dessas ações. Nesse estágio, “a companhia pode delegar algumas decisões para sistemas de TI para adaptar a operação ao ambiente de negócios o mais rápido possível” (SCHUH *et al.*, 2020, p. 20, tradução nossa). Uma empresa na fase de adaptabilidade usa os dados da sombra digital para a tomada de decisão rápida e pode implementar ações de forma automática, sem assistência humana. Nesse estágio, as empresas precisam de uma dinâmica de colaboração e aceitação de mudanças como um novo normal. Para a criação dessa organização orgânica são utilizadas práticas de gestão de projetos ágeis e uma abordagem baseada em conhecimentos para os funcionários (SCHUH *et al.*, 2020). A representação visual desse processo de transformação encontra-se na Figura 6.

Figura 6 - Estágios do desenvolvimento da Indústria 4.0



Fonte: Schuh *et al.* (2020)

A partir da Figura 6 nota-se que o processo evolutivo para a adoção da Indústria 4.0 é gradual e depende de uma base de conhecimentos, tecnologias e processos adquiridas no estágio anterior. Assim, para o início da transição para a quarta revolução industrial é necessário que a empresa tenha um nível de maturidade e de conhecimentos de digitalização, o que é um desafio considerando o baixo desenvolvimento digital das empresas brasileiras (MCKINSEY & COMPANY, 2019b). Além desses pontos, a empresa precisa adaptar sua cultura e processos para usufruir dos benefícios trazidos por cada estágio. Nota-se também que cada estágio agrega maior valor à operação, sendo assim, a Indústria 4.0 gera maiores benefícios na fase de adaptabilidade, onde o sistema se torna auto otimizável. Contudo, a complexidade desse processo evolutivo se apresenta como um desafio, e poucas empresas atingem esse patamar de operação (MCKINSEY & COMPANY, 2019b; PWC, 2016).

## 2.2 Inovação e startups

### 2.2.1 Definição de inovação

Schumpeter foi um dos primeiros estudiosos a definir o centro do crescimento econômico como o empreendedorismo e a mudança tecnológica (PEREZ, 2010). Schumpeter (1939) explica a evolução econômica como os efeitos e mudanças no sistema econômico causados pela inovação. Esse fenômeno é chave para a expansão dos mercados pois permite que as empresas criem produtos mais

competitivos, expandam suas operações e explorem mercados diferentes (GALINDO; MÉNDEZ, 2014).

A inovação pode ser definida como uma nova função de produção ou uma nova forma de combinar fatores. Esse conceito engloba a criação de produtos, abertura de novos mercados, novos modelos de negócios, formas de organização, processos produtivos ou de suprimentos. A aplicação da inovação em um sistema resulta em um salto de produtividade. É importante destacar que uma invenção não produz efeitos econômicos relevantes como o aumento da produtividade, da receita ou redução de custos. Portanto, a invenção é fundamentalmente diferente de inovação (SCHUMPETER, 1939). A partir dessa definição é evidente que uma invenção se torna uma inovação com a sua difusão no mercado gerando valor econômico a partir de sua produção e comercialização (PEREZ, 2010).

A inovação é um processo coletivo que envolve fornecedores, distribuidores e consumidores. Por esse motivo, deve ser analisada a partir da tecnologia, da economia e do contexto socio-empresarial (PEREZ, 2010). O trabalho desenvolvido por Garcia e Calantone (2002) define com clareza o conceito aqui tratado:

Inovação é um processo iterativo iniciado pela percepção de uma oportunidade de novo mercado e/ou novo serviço para uma invenção baseada na tecnologia que leva a tarefas de desenvolvimento, produção e *marketing* objetivando o sucesso comercial da invenção. Essa definição aborda duas distinções importantes: [1] o processo de inovação compreende o desenvolvimento tecnológico de uma invenção combinado com a introdução de mercado dessa invenção para os usuários finais por meio de sua adoção e difusão, e [2] o processo de inovação é iterativo em sua natureza, e portanto, automaticamente inclui a primeira introdução de uma nova inovação e a reintrodução de inovações melhoradas (GARCIA; CALANTONE, 2002, p.112, tradução nossa).

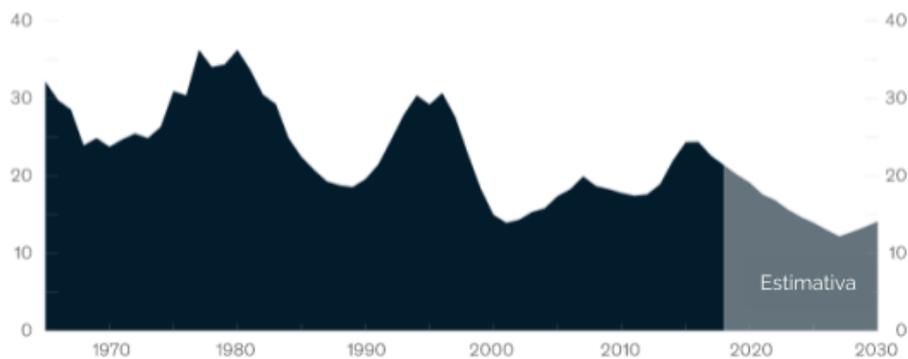
Uma inovação rompe o equilíbrio de mercado antes estabelecido e cria um novo espaço econômico, onde outros negócios e empresas seguem o inovador, criando um ambiente mais positivo para a sociedade (SCHUMPETER, 1939). Um novo sistema tecnológico causa profundas mudanças tanto no espaço empresarial quanto na cultura da sociedade (PEREZ, 2010).

A mudança de tecnologia impõe novos requisitos, recursos, habilidades e conhecimentos forçando a adaptação do sistema, por isso é um processo brusco, descontínuo e irregular (ABERNATHY; CLARK, 1985). Existem empresas que serão capazes de se adaptar e aproveitar as novas oportunidades. Porém, aquelas que não

forem capazes chegarão a sua morte econômica ou terão uma perda significativa de destaque no mercado (SCHUMPETER, 1939). A destruição criativa, portanto, é esse processo da destruição e disrupção causado por inovações radicais (ABERNATHY; CLARK, 1985).

Um estudo publicado pela McKinsey & Company (2019a) confirma que esse fenômeno tem ocorrido de forma intensa nos últimos anos. O estudo aponta que empresas centenárias estão sofrendo disrupção por empresas tecnológicas, agressivas e jovens. O índice Standard & Poor (S&P) reúne as maiores empresas com capital aberto na bolsa americana. No ano 2000 as dez melhores empresas do índice S&P ficavam nessa posição de destaque por cerca de 85 anos. Em 2018 esse número foi para uma média de 33 anos, conforme indicado pela Figura 7. O estudo projeta que as 500 melhores empresas em 2027 permanecerão no índice por apenas 12 anos.

Figura 7 - Tempo médio das empresas no índice S&P 500



Fonte: McKinsey & Company (2019a)

Pode-se concluir que a competição de mercado está cada vez mais acirrada, fazendo com que empresas tradicionais percam sua vantagem competitiva frente a empresas novas e disruptivas. O estudo também aponta que empresas mais novas também geram mais valor para os acionistas (MCKINSEY & COMPANY, 2019a).

Esse fenômeno é explicado por Cleyton Christensen (CHRISTENSEN, 1997), que afirma que as companhias já estabelecidas perdem sua competitividade pois enfrentam o dilema do inovador. Isso acontece por diversos motivos, dentre eles: capacidades inadequadas para lidar com o contexto de inovações disruptivas (testes, erros, aprendizagem e elevados riscos); pouca alocação de recursos para projetos inovadores; tendência a desenvolver produtos para as necessidades atuais do mercado; falta de informações para a tomada de decisão; decisões gerenciais

financeiramente racionais baseadas em metas de crescimento financeiro contínuo, margens maiores e aumento de lucros (CHRISTENSEN, 1997).

### 2.2.2 Tipos de inovação

No livro “A teoria do desenvolvimento econômico”, Schumpeter (1934) define cinco tipos de inovação, que estão descritas a seguir.

- A introdução de um novo bem ou de novas qualidades a esse bem.
- Introdução de um novo método de produção (que engloba desde um processo novo descoberto cientificamente até novas maneiras de comercialização).
- Abertura de um novo mercado para a empresa.
- Conquista de uma nova fonte de matérias primas ou produtos semi-manufaturados.
- A reorganização de uma indústria (como a criação de um monopólio ou a quebra de um).

Outra forma de enxergar a inovação é através dos processos de engenharia e desenvolvimento de novos produtos, como explicam Wheelwright e Clark (1992). Os autores propõem quatro tipos de projetos de desenvolvimento de acordo com as mudanças no processo e no produto. O primeiro é a Pesquisa e Desenvolvimento Avançada que envolve provar a viabilidade de uma nova tecnologia com foco na criação de conhecimento (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992).

Os outros tipos de projetos envolvem a aplicação de tecnologias já robustas para criar produtos e processos viáveis e rentáveis que serão comercializados em busca de atingir os objetivos organizacionais (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). De acordo com os autores esses três tipos de desenvolvimento são diferenciados pelo grau de mudanças no produto e nos processos de manufatura conforme apresentado a seguir:

- Radicais: envolvem mudanças significativas no produto e no processo. Quando são bem sucedidos, estabelecem um novo produto principal e novo processo central para a empresa. Esses projetos podem criar novas categorias de produtos ou abrir um novo negócio. Muitas vezes, esses produtos apresentam novas aplicações ou funções exigindo um desenvolvimento significativo do processo produtivo.

- Plataforma: representam novos sistemas de soluções para os clientes envolvendo mudanças significativas no processo de manufatura ou no produto, ou em ambos. Esses projetos formam a base para um produto e família de processos que, quando bem-sucedidos, podem trazer melhorias de produtividade, custos, qualidade e desempenho quando comparado à geração anterior.
- Derivativos: projetos desse tipo envolvem mudanças incrementais no produto e no processo de manufatura, ou em apenas uma dessas dimensões. Podem envolver adições de produtos à família, melhorias e complementos do produto, mudanças de processos em um departamento ou melhorias de processo em geral. São projetos que otimizam produtos ou processos existentes estendendo sua aplicabilidade.

Em uma visão mais moderna, o livro “O Dilema do Inovador” Clayton Christensen (1997) afirma que existem dois tipos de inovação: as de sustentação e as disruptivas. Tecnologias de sustentação são aquelas que melhoram a performance de produtos já estabelecidos no mercado em pontos historicamente valorizados pelos clientes. Essas tecnologias podem ser descontínuas ou radicais, ou incrementais. Por outro lado, as tecnologias disruptivas oferecem propostas de valor muito diferentes do que estava disponível previamente no mercado. As inovações disruptivas geralmente têm uma performance inferior quando comparadas a produtos já estabelecidos, porém, elas oferecem novos atributos valorizados pelos clientes em uma proposta de valor inédita (CHRISTENSEN, 1997).

De acordo com Christensen (1997) as tecnologias disruptivas possuem duas características principais: produtos disruptivos tendem a ser mais simples, convenientes e confiáveis que os produtos estabelecidos, e os atributos de venda mais fortes de um produto em um mercado emergente são os mesmos que o tornaria um fracasso em um mercado convencional. Para o autor, as firmas que obtêm sucesso na comercialização de tecnologias disruptivas são aquelas que buscam encontrar ou criar um mercado que favoreça a inserção do produto com suas características disruptivas. Assim, ao visualizar o processo de difusão da tecnologia disruptiva como um desafio de *marketing*, essas empresas criam uma base comercial que se expande, até eventualmente atender o mercado convencional. Enquanto isso, as empresas

tradicionais não obtêm sucesso já que enfrentam o desafio de maneira tecnológica, dependendo esforços laboratoriais em vão (CHRISTENSEN, 1997).

Toda inovação implica em mudanças, mas nem sempre essa inovação será disruptiva. A inovação incremental aumenta o valor ou aplicabilidade de competências que a empresa já possui, como a inovação em tecnologias de produto e inovações de processo. Assim, a empresa pode melhorar a sua performance e habilidades, aumentando barreiras de entrada no mercado, reduzindo ameaças de produtos substitutos ou tornando outras tecnologias menos atrativas. Por outro lado, as inovações radicais causam disrupção e destruição (ABERNATHY; CLARK, 1985), mas também criam novos mercados, novos produtos e eventualmente novas formas de interação social.

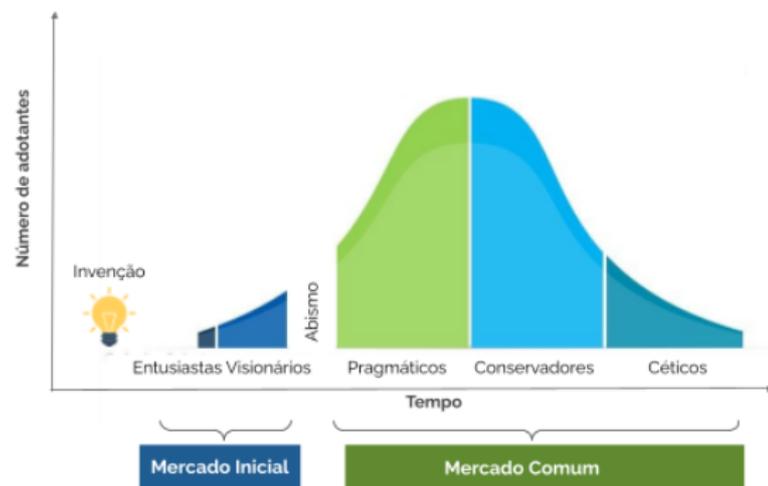
### **2.2.3 Adoção de tecnologias**

O teórico americano Geoffrey Moore (2014) desenvolveu um *framework* para descrever o processo de adoção de uma tecnologia que acontece em cinco estágios, cada um deles atingindo diferentes grupos de consumidores. Tecnologias de empresas como a Microsoft, Cisco, Dell, Google e a HP já passaram por esse modelo de *marketing* elaborado por Moore (2014). O autor descreveu os traços psicográficos e a atitude acerca da adoção de novas tecnologias desses cinco públicos.

- **Entusiastas:** são entusiastas e apaixonados por tecnologia. Esse grupo busca ativamente as novas tecnologias e tem prazer em aprender sobre elas e explorar as novidades do mercado.
- **Visionários:** público que abraça novas tecnologias como meio de ampliar a sua visão, são excelentes para explicar os benefícios potenciais a outros clientes.
- **Pragmáticos:** são cuidadosos e realistas, só estão dispostos a adotar uma tecnologia se ela for testada e conveniente. Esse grupo também é conhecido como a maioria inicial.
- **Conservadores:** esse grupo é a maioria final. Eles se sentem desconfortáveis com tecnologias novas e só vão adotá-la quando a maioria das pessoas já estiverem usando.
- **Céticos:** não querem ser associados com tecnologia e podem usá-la sem conhecimento.

Contudo, é importante notar que cada público possui diferentes expectativas e objetivos. Sendo assim, existem lacunas entre um público e outro que podem prejudicar a adoção da tecnologia. Moore (2014) destaca particularmente a lacuna entre o grupo de visionários e os pragmáticos ocasionado pelas diferenças em suas visões e objetivos. Os primeiros querem mudanças maiores no produto, enquanto os últimos aceitam melhorias de operação menores sem disrupção. Ao mesmo tempo, o mercado ainda não está preparado para a tecnologia e os competidores já estabelecidos tentarão prejudicar a entrada da nova tecnologia. Assim, essa diferença de estágios é chamada de abismo, onde diversas empresas falham e não conseguem atingir o maior mercado (MOORE, 2014). A representação visual desse modelo proposto por Moore (2014) encontra-se na Figura 8.

Figura 8 - Processo de adoção de uma tecnologia



Fonte: Adaptado de Moore (2014)

Outra forma de visualizar a evolução de um produto é a “hierarquia de compras” criada pela *Windermere Associates* de São Francisco (CHRISTENSEN, 1997). Eles sugerem que o excesso de oferta de performance do mercado é um fator primordial para a transição entre as fases do ciclo. Primeiramente, eles sugerem que quando o mercado não oferta opções que satisfaçam os requisitos funcionais, os clientes farão decisões de compra baseadas nas funcionalidades abrangendo os entusiastas e visionários. Quando dois ou mais produtos satisfizerem esses requisitos, os clientes passarão a buscar por confiabilidade do produto e da empresa vendedora. Quando a oferta de confiabilidade é maior que a demanda, os clientes então se basearão em conveniência para a decisão de compra. E por fim, quando a conveniência necessária

for ofertada por várias empresas, a competição será baseada em preço (CHRISTENSEN, 1997).

Convergindo com a visão de que a inovação é um processo iterativo, Perez (2010) afirma que as inovações radicais são introduzidas no mercado em uma versão primitiva e uma vez que o mercado aceita esse produto, ele passa por uma série de inovações incrementais. No primeiro momento, as inovações de produto ocorrem de forma gradual para que seja coletado o *feedback* de clientes, fornecedores, equipe de distribuição e de produção. A partir desse processo de aprendizagem é estabelecido um *design* dominante no mercado, aumentando exponencialmente a sua curva de adoção, o *market share* e também sua produtividade (PEREZ, 2010).

Uma vez que o processo produtivo é padronizado para as inovações de produto, as inovações de processo se tornam o foco da operação buscando melhorar a produtividade e a eficiência do processo produtivo (GARCIA; CALANTONE, 2002). Após a decolagem, as inovações incrementais aumentam sua importância nas mudanças de produto para atingir escala (PEREZ, 2010). O resumo desse processo de ajuste e adoção de uma tecnologia pode ser visualizado conforme a Figura 9.

Figura 9 - Trajetória de uma tecnologia



Fonte: Autoria própria, baseado em Perez (2010) e Moore (2014)

Inovações maiores como as que ocorrem na fase de operação são importantes para determinar investimentos e crescimento econômico. Porém, a Figura 9 retrata a importância de inovações menores para a expansão das inovações radicais trazendo

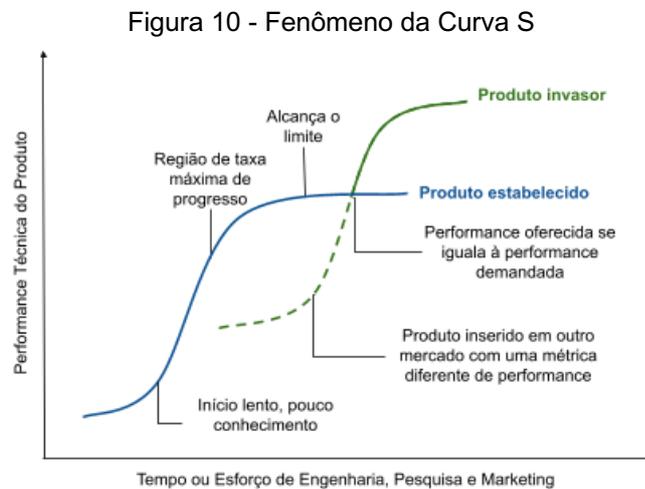
noções de trajetória e paradigma. O paradigma é definido como uma lógica compartilhada ou acordo tácito entre os agentes envolvidos que define uma visão convergente de potencial tecnológico, custos, aceitação de mercado, funções, entre outros. O paradigma técnico define uma direção para orientar as melhorias de produto, serviço ou tecnologia. A trajetória é definida como o ritmo ou direção de mudança de uma tecnologia (PEREZ, 2010).

Christensen (1997) explica que a análise da trajetória tecnológica e da demanda podem explicar os movimentos do mercado e a sua liderança. A oferta de uma tecnologia com performance superior ao que é necessário e demandado cria a oportunidade para novas tecnologias disruptivas invadirem o mercado. O surgimento dessas novas tecnologias afeta toda a dinâmica do mercado e muda os critérios pelos quais um produto é escolhido pelos consumidores. Assim, outros atributos que ainda não satisfaziam as necessidades dos clientes passam a ser mais importantes e tornam-se fatores de diferenciação. Dessa forma, é criada uma nova trajetória de desempenho do produto. De acordo com o estudo realizado pelo autor, quando a nova tecnologia atinge o desempenho demandado pelo mercado ocorre a substituição pelo novo entrante, já que ele normalmente é mais barato, simples, confiável ou de maior usabilidade (CHRISTENSEN, 1997).

Uma ferramenta que auxilia na visualização desse fenômeno é a curva S, que ilustra a performance tecnológica de um produto (CHRISTENSEN, 1997; GARCIA; CALANTONE, 2002). A curva mostra que a melhoria de performance varia de acordo com a maturidade da tecnologia. O início da curva mostra uma taxa de progresso muito pequena, representando o esforço de P&D onde o conhecimento de mercado está sendo construído. Portanto, o desempenho do produto avança de forma lenta.

Uma vez que o *design* dominante é escolhido o desempenho aumenta exponencialmente com o maior conhecimento técnico adquirido (GARCIA; CALANTONE, 2002). Quando a tecnologia está mais madura, ela começa a ser limitada por ineficiências dos esforços de pesquisa, tempo ou recursos empregados, e também pelo aumento da competição com os inovadores imitativos. Nesse estágio, ela atinge um limite técnico e inovações disruptivas desenvolvidas em outros mercados que tenham atingido uma performance compatível com a demanda do

mercado mais amplo substituirão a tecnologia antiga formando uma nova curva S (CHRISTENSEN, 1997), conforme a Figura 10.



Fonte: Adaptado de Christensen (1997) e Garcia; Calantone (2002)

Esse fenômeno apresenta de forma interessante a noção de descontinuidade e dinamismo do processo de inovação. Percebe-se o conceito de destruição criativa e que diversos tipos de inovação são necessários para atingir o resultado desejado. Também se percebe que a inovação é resultado de diversos fatores externos e internos à empresa como as capacidades do time ou conhecimento corporativo, a habilidade de proteger as inovações de imitações, fatores econômicos e legais (OECD, 2005).

#### 2.2.4 Modelo de negócios

O modelo de negócios também pode ser visto como a forma de introdução de tecnologias no mercado, portanto ele é tão valioso e importante quanto a invenção da tecnologia (CHESBROUGH; ROSENBLOOM, 2002). Dessa forma, o modelo de negócios pode ser entendido como um mediador entre o desenvolvimento tecnológico e a geração de valor financeiro, afinal, “o valor de uma tecnologia permanece latente até que seja comercializada” (CHESBROUGH; ROSENBLOOM, 2002, p. 530, tradução nossa). Em outras palavras, o modelo de negócios é um *framework* que transforma características tecnológicas do produto em *outputs* econômicos por meio de clientes e mercados conforme ilustrado na Figura 11. Portanto, o foco do modelo de negócios deve ser na criação de valor para o consumidor e na construção de

mecanismos para entregar esse valor (CHESBROUGH; ROSENBLOOM, 2002; OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011; MORRIS; SCHINDEHUTTE; ALLEN, 2005).

Figura 11 - Interação entre modelo de negócios, aspectos técnicos e econômicos



Fonte: Adaptado de Chesbrough; Rosenbloom (2002)

Modelos de negócios são fundamentais para qualquer empresa especialmente em contextos incertos e dinâmicos, pois eles permitem a comunicação, compreensão, análise e gestão das decisões estratégicas entre negócios e *stakeholders* (AL-DEBEI; AVISON, 2010). O modelo de negócios permite que a estratégia da empresa seja implementada através de seus processos, estruturas organizacionais e sistemas (MORRIS; SCHINDEHUTTE; ALLEN, 2005).

Morris, Schindehutte e Allen (2003) propõem seis perguntas que devem ser utilizadas para definir um modelo de negócios:

- Como a empresa cria valor?
- Para quem a empresa cria valor?
- Qual é a fonte de vantagem interna da empresa ou quais são as competências chave?
- Como a empresa se posiciona no mercado e competitivamente?
- Como a empresa gera receita?
- Qual é o tempo, escopo e tamanho das ambições?

A essência da definição de modelo de negócios é entender como a empresa se posiciona na cadeia de valor e como ela gera receita (CHESBROUGH, 2002). Alguns dos conceitos mais utilizados para descrever modelos de negócios são: proposta de valor, modelo econômico, relacionamento e interface com o cliente, redes e papéis de parceiros, mercado-alvo, infraestrutura interna e atividades conectadas (MORRIS; SCHINDEHUTTE; ALLEN, 2005). O modelo de negócios “descreve a lógica de criação, entrega e captura de valor por parte de uma organização” (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011, p.14).

No contexto das startups o quadro de modelo de negócios desenvolvido por Osterwalder e Pigneur (2011) é amplamente adotado (HARTMANN *et al.*, 2016). O quadro, muitas vezes chamado de canvas, é uma ferramenta visual que ajuda no desenvolvimento, compreensão, discussão e análise de modelos de negócios (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). Para Osterwalder e Pigneur (2011) um modelo de negócios é composto por nove dimensões, representados visualmente na Figura 12. Essas nove áreas caracterizam o modelo de negócios da empresa: segmento de clientes, proposta de valor, canais, relacionamento com clientes, fontes de receita, recursos principais, atividades-chave, parcerias principais e estrutura de custos.

A oferta da startup, também chamada de proposta de valor, é a dimensão central de todo o modelo de negócios (HARTMANN *et al.*, 2016). É importante notar que a proposta de valor da empresa se refere ao segmento-alvo e é composta pelos benefícios ofertados ao cliente, a satisfação de um problema ou necessidade de seu público-alvo e até o motivo pelo qual a empresa é escolhida e não a concorrência (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). Osterwalder e Pigneur (2011) sugerem que o canvas de modelo de negócios pode ser dividido de duas formas: a área de valor e área de eficiência. Assim, o lado direito do canvas composto pela proposta de valor, segmento de clientes, relacionamento com clientes, canais, e fontes de receita caracterizam aspectos de geração de valor (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011), conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Canvas de modelo de negócios



Fonte: Osterwalder; Pigneur (2011)

Existem diversos padrões de modelos de negócios com características similares, inclusive, existem empresas que possuem mais de um padrão em seu modelo de negócios. Osterwalder e Pigneur (2011) elencam cinco padrões principais:

- Modelo de Negócios Desagregado: empresas que escolhem focar seus esforços em uma das seguintes opções - gerenciamento de infraestrutura, inovação de produto ou relacionamento com cliente;
- Cauda Longa: proposta de valor visa atender clientes menos lucrativos e de nicho com foco em um maior número de produtos vendidos pois, com a escala esse público se torna lucrativo;
- Plataformas Multilaterais: adição de uma proposta de valor que atenda a um grupo de clientes interdependente dos clientes da empresa. Assim, a plataforma facilita a interação entre os grupos e gera efeitos em rede (mais clientes geram mais valor), acarretando em novas fontes de receita;
- Grátis: oferecer uma proposta de valor para cada segmento de cliente com preços diferenciados, sendo que uma dessas propostas não tem custo ou é muito barata;
- Modelos de Negócios Abertos: parcerias externas ajudam a desenvolver ideias (comprar inovação) ou ideias internas são desenvolvidas fora da empresa (vender inovação), muito relacionado com inovação aberta.

Uma tendência nos modelos de negócios é a servitização, que pode ser definida como o movimento consciente de aproximação das companhias aos serviços para ganhar competitividade (VANDERMERWE; RADA, 1988). Também pode ser definida como “a inovação das capacidades e processos organizacionais para mudar da venda de produtos para a venda de produtos e serviços integrados” (BAINES *et al.*, 2009, p. 10, tradução nossa). Essas novas ofertas são consideradas mais distintas, duradouras e competitivas (BAINES *et al.*, 2009).

Empresas das mais diversas indústrias estão adotando a servitização, e assim, essa tendência está alterando a dinâmica competitiva e os relacionamentos organizacionais em uma escala global (VANDERMERWE; RADA, 1988). Agora, o valor adicionado é “criado por melhorias tecnológicas, propriedade intelectual, imagem de produto e nomes de marcas, *design* estético e estilo, todos aspectos imateriais do produto” (MONT, 2001, p. 238, tradução nossa).

Baines *et al.* (2009) define o Sistema Produto Serviço (PSS) como um caso especial de servitização, uma combinação integrada de produtos e serviços que entregam valor no seu uso. Um PSS então, possui três elementos-chave: o produto, o serviço e o sistema que envolve a relação entre os dois (BAINES *et al.*, 2009). Essas características permitem atender aos elevados níveis de performance requeridos pelos consumidores a partir de soluções sistêmicas e customizáveis que minimizam os impactos ambientais. Assim, a oferta do PSS integra todos os produtos, serviços e comunicações como uma maneira de lidar com os diferentes requisitos e atitudes dos clientes, mudanças tecnológicas e sociais (MONT, 2001).

A era da internet possibilitou formas inéditas de fazer negócios e permitiu a criação de novas e mais eficientes propostas de valor através de tecnologias da informação e comunicação (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2002). Plataformas *online* permitem uma mudança fundamental nos modelos de negócios para que sejam focados nos clientes e na entrega de valor. A partir da *internet*, é possível diminuir as barreiras de entrada, oferecendo serviços mais acessíveis, diversos e que consideram os *feedbacks* dos clientes, tornando-os mais confiáveis (SCHWAB, 2016).

Um modelo de negócios digital é baseado em quatro pilares: produtos e serviços, infraestrutura e rede de parceiros, relacionamento com clientes e aspectos financeiros. Eles permitem a customização em massa, a redução dos custos, variedade de produtos e mecanismos de preços, criação de novas fontes de receita, a aproximação de clientes como co-criadores, fortalecimento de redes de parceiros, melhoria contínua a partir de análise de dados, variedade de canais de distribuição e *marketing* (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2002).

Amit e Zott (2001) descrevem as quatro principais fontes de valor para comércio eletrônico. O primeiro seria a eficiência gerada por reduções de custos (de transação, logísticos, de *marketing*...), disponibilização de informações atualizadas, rapidez e facilidade de acesso a informações e outros benefícios oferecidos pela economia de escala. A segunda fonte de valor são as complementaridades entre produtos e serviços, tecnologias, atividades ou entre atributos físicos e digitais. O terceiro fator que traz valor a um negócio eletrônico é a retenção ou fidelização de clientes e parceiros estratégicos e efeitos de rede. O último fator que gera valor para o comércio eletrônico é a novidade ou a inovação, que além

de possibilitarem a introdução de novos produtos e serviços, também consistem em novas formas de realizar negócios e realizar transações comerciais (AMIT; ZOTT, 2001).

As empresas passam a oferecer soluções digitais completas e integradas e assim, os modelos de negócios passam a ser movidos por dados e são centrados no cliente. Assim, a disponibilidade, transparência e acesso a dados se tornam fatores competitivos para as organizações (PWC, 2016; DELOITTE, 2017). O exemplo do Airbnb e do Uber ilustram as oportunidades digitais que surgem com a reorganização de relacionamentos entre a posse e acesso a ativos físicos (SCHWAB, 2016).

Mercados virtuais criam oportunidades a partir de “novas combinações de informação, produtos físicos e serviços, configurações de transação inovadoras e a reconfiguração e integração de recursos, capacidades, papéis e relacionamentos” (AMIT; ZOTT, 2001, p. 496, tradução nossa). Assim, fica evidente que se trata de uma inovação a partir da recombinação de fatores, assim como previsto por Schumpeter (1939). A dinâmica de negócios segue a destruição criativa sugerida pelo autor e a visão de inovação se expande já que envolve novas formas de trocas e de colaboração, ultrapassando limites empresariais e setoriais (AMIT; ZOTT, 2001).

### **2.2.5 Startups**

Uma startup pode ser definida como “uma instituição humana projetada para criar um novo produto ou serviço em condições de extrema incerteza” (RIES, 2011, p. 27, tradução nossa) ou como uma “organização em busca de um modelo de negócios escalável” (STARTUP GENOME, 2021, p. 36, tradução nossa). Esse tipo de empresa deve entregar uma oferta inovadora, incluindo todas as interações com seus clientes. A startup se dedica a criar uma fonte nova de valor para seus usuários, seja simplificando um processo, criando um novo modelo de negócios, implementando uma tecnologia de maneira inédita ou criando um produto ou serviço que atende a uma necessidade não satisfeita por outras empresas (RIES, 2011).

Essas organizações são normalmente definidas como empresas novas, entre quatro a seis anos de operação, que têm como principal objetivo criar um negócio escalável e repetível utilizando a tecnologia como ferramenta principal (HENRY *et al.*, 2020). Essas organizações têm um alto grau de inovação e possuem elevado potencial de crescimento (RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018). Startups se

baseiam em novas tecnologias digitais utilizando a Tecnologia da Informação (TI) como recurso de gestão de infraestrutura, nas interfaces com clientes e no produto final. Assim, a TI atua nos principais pilares da empresa. Pode-se dizer que as startups utilizam a TI como forma de criar e capturar valor seja pela oferta de software, hardware ou de serviços (STEININGER, 2018).

Steininger (2013) contribui com a literatura descrevendo o papel da TI nas startups. De acordo com o autor, a TI atua como uma facilitadora das operações, como mediadora das operações conectando a startup aos seus clientes, como o resultado do empreendimento, e de forma onipresente como o próprio modelo de negócios. Steininger (2013) afirma que o papel mais tradicional da TI em novas empresas é como facilitadora, fornecendo ferramentas de apoio e sistemas como o ERP (*Enterprise Resource Planning*) que tornam as operações digitais, mais eficientes e de menor custo, porém, sempre na retaguarda. Quando a TI é usada como resultado da startup ela está no centro das atividades de criação de valor e também na infraestrutura de gestão. Nesse caso, o produto é criado com base nessas tecnologias, porém, o cliente não usa a interface de TI. Alguns exemplos de empresas que trabalham nesse modelo são aquelas que vendem software, hardware ou serviços de TI (STEININGER, 2013).

A configuração mais recente é o uso da TI de forma onipresente na gestão de infraestrutura, na interface com o cliente e na criação de valor do produto, ou seja, em todos os pilares do modelo de negócios. Alguns exemplos de empresas que utilizam TI de forma onipresente são startups de criptomoedas, serviços de nuvem como Dropbox, Airbnb, redes sociais como Facebook e Instagram (STEININGER, 2013).

As startups comercializam inovações como novas tecnologias, produtos e serviços e a partir da criação de novos modelos de negócios (GHEZZI; CAVALLO, 2020; RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018). É dito que as startups utilizam a inovação como um recurso de sua estratégia competitiva (KACZAM *et al.*, 2021) e que têm um papel crucial na inovação, no desenvolvimento econômico e na evolução tecnológica (RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018).

É importante notar que essas organizações possuem particularidades sobre seu ecossistema que influenciam a forma que elas são criadas e que geram valor. Por exemplo: as startups são formadas por empreendedores e colaboradores, com

liberdade e autonomia, assim, a cultura organizacional é mais fluida, colaborativa e voltada para resultados. O ecossistema de startups envolve vários agentes como incubadoras, aceleradoras, universidades, centros de pesquisa, órgãos de fomento, empresas parceiras, investidores, mentores e conselheiros. Assim, percebe-se que elas estão envolvidas em um ambiente complexo e com vários *stakeholders* (PUKALA, 2019).

Amit e Zott (2001) enfatizam que o modelo de negócios resulta de todo o valor agregado pelos participantes da cadeia (clientes, fornecedores e parceiros) em cada uma das transações realizadas. Por isso a importância da rede estratégica da empresa. Os autores afirmam que o valor gerado por um modelo de negócios “aumenta à medida que o conjunto de recursos e capacidades que ele engloba se torna mais difícil de imitar, menos transferível, menos substituível, mais complementar e produtivo com o uso” (AMIT; ZOTT, 2001, p. 513, tradução nossa).

De acordo com o estudo conduzido pelos autores, existem quatro pilares que criam valor em um negócio digital: travas, novidades, complementaridades e eficiência (AMIT; ZOTT, 2001). Travas são definidas como custos de trocas, personalização, programas de fidelidade, oferta do design dominante e resultados positivos de externalidades da rede. As novidades englobam desde novas estruturas a novos conteúdos, transações e participantes na cadeia de valor. Complementaridades são oferecidas entre bens e serviços, aspectos *online* e *offline*, tecnologias e atividades. Por fim, as eficiências são da redução de custos com pesquisa e assimetria de informações, simplicidade da solução, rapidez e possíveis economias de escala (AMIT; ZOTT, 2001).

Para garantir a sustentabilidade da empresa digital é importante entender como é feita a captura de valor ou monetização. Müller, Buliga e Vogit (2018) caracterizam a monetização em três componentes: grupos de clientes, interações com clientes e métodos de pagamento. Assim, a monetização depende do público-alvo, da quantidade, personalização e do tipo de suporte recebido pelos clientes. Essa receita pode ser recebida por diferentes métodos como *pay-per-use*, *pay-per-feature* ou pagamento por assinatura (MÜLLER; BULIGA; VOGIT, 2018).

Startups vivem em um ritmo de mudança intenso e extremamente desafiador para maximizar o seu valor com chances de atingir um impacto global (RIES, 2011).

Essas novas empresas de base tecnológica têm de lidar com elevados níveis de incerteza e riscos de negócios (INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 2017). Nesse ecossistema digital dinâmico, de intensa competição e volatilidade, a vantagem do primeiro entrante pode ser essencial, bem como a adaptação do modelo de negócios às mudanças de mercado e a rapidez na análise de dados e tomada de decisões (HARTMANN et al., 2016; GHEZZI; CAVALLO, 2020).

Um modelo de negócios adequado para startups deve ser aquele que permite adaptação e flexibilidade para corrigir desvios de rota e a adequação às necessidades do mercado. É importante notar que os modelos de negócios evoluem e as decisões tomadas tornam-se mais assertivas a partir da experimentação. Esses testes permitem que a equipe ganhe conhecimentos e que os empreendedores tenham mais base para a tomada de decisão e ajustes no modelo de negócios. Assim, os modelos de negócios passam por um “ciclo de vida envolvendo períodos de especificação, refinamento, adaptação, revisão e reformulação” (MORRIS; SCHINDEHUTTE; ALLEN, 2002, p. 733, tradução nossa).

O termo criado por Eric Ries, “Lean Startup”, une princípios de foco no cliente, metodologias ágeis e práticas enxutas para minimizar custos e desperdícios no processo de desenvolvimento da proposta de valor de startups. Os modelos de negócios são construídos através da experimentação em um processo iterativo. Dessa forma, a empresa deve criar os produtos e serviços, executar testes continuamente e aprender o mais rápido possível, evitando o desperdício de recursos e de tempo. Esse ciclo segue das ideias geradas para a construção de códigos, dos produtos e serviços, a execução de testes com a mensuração de seus resultados e a coleta de dados para a melhoria da oferta de valor (RIES, 2011).

Outro conceito importante descrito por Ries (2011) é o de mínimo produto viável (MVP). O MVP é um protótipo que contém os recursos mais fundamentais para testar as hipóteses do time e coletar *feedback* dos clientes. Usar MVPs permite que a empresa desenvolva um produto rapidamente e utilizando recursos mínimos. Esses MVPs são utilizados para entender melhor os clientes e aperfeiçoar o produto, reduzindo o risco da operação e aumentando suas chances de sucesso. É dito que quando uma startup aperfeiçoa seu MVP até testar e confirmar todas as suas

hipóteses, ela atingiu o “*product-market-fit*”. Ou seja, o modelo de negócios criado e refinado por esses ciclos iterativos de testes rápidos satisfaz as necessidades do público-alvo (RIES, 2011).

A classificação da maturidade das startups e de seu estágio de desenvolvimento pode ser entendido conforme a teoria desenvolvida por Perez (2010), Moore (2014) e Ries (2011). Inicialmente, a startup busca validar o seu Produto Mínimo Viável (MVP), executando melhorias experimentais para definir o design do produto. Essa primeira fase foi chamada de Operação. Uma vez que o MVP chega a uma versão satisfatória, a startup entra na fase de Tração, onde busca encontrar o seu *Product Market Fit* (PMF), ou seja, a melhor forma de comercializá-lo ajustando pontos como os canais de vendas, distribuição e relacionamento com clientes. Essas melhorias são incrementais e ocorrem rapidamente até atingirem um modelo de ampla aceitação no mercado. A terceira fase é a de Escala, onde o produto já tem maturidade e têm um crescimento exponencial atingindo tração comercial. O resultado esquemático dessa divisão aliada à teoria de adoção tecnológica pode ser visualizada na Figura 9.

Para completar essa trajetória de experimentação as startups precisam de agilidade operacional, que permite gerir os recursos e adaptá-los de acordo com as complexidades enfrentadas e objetivos da organização. Esses negócios possuem estruturas organizacionais mais informais e enxutas, o que favorece sua orientação para negócios e agilidade no dia a dia (GHEZZI; CAVALLO, 2020; HAHN, 2019). Outra vantagem dessas novas empresas tecnológicas é sua independência de aspectos burocráticos como hierarquias, acionistas e a resistência a mudanças (FERRÁS-HERNANDÉZ *et al.*, 2018). Porém, por serem empresas novas as startups possuem recursos limitados e a falta de histórico pode resultar em dificuldades para adquirir mais recursos, o que pode prejudicar seu desenvolvimento (STEININGER, 2013).

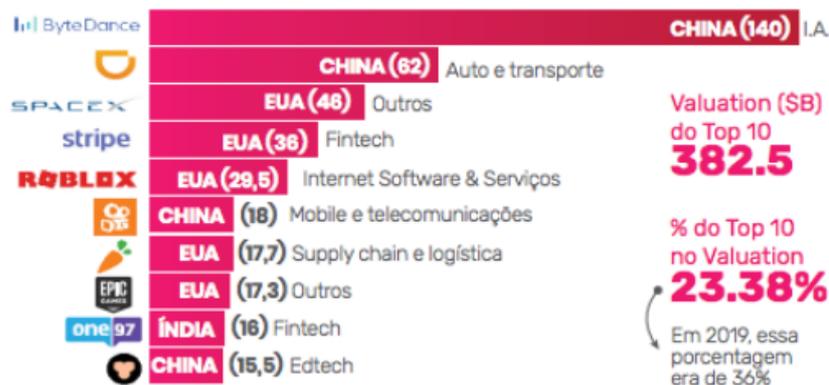
Como visto nas sub-seções anteriores, o sucesso de um modelo de negócios pode ser definido pelo valor financeiro que ele gera. Assim, um conceito importante a ser considerado é o de unicórnios. Os unicórnios são startups de capital fechado que possuem um valor de mercado de mais de US\$ 1 bilhão (DISTRITO, 2021a). Esse conceito se popularizou em 2013, quando havia unicórnios em apenas quatro ecossistemas no mundo (STARTUP GENOME, 2020).

Em 2018, o Brasil teve suas três primeiras startups reconhecidas como unicórnios: 99, Nubank e IFood. Em 2021, esse valor quadruplicou e já havia 12 startups brasileiras com valor de US\$ 1 bilhão (DISTRITO, 2021a). Existe uma tendência de democratização dos ecossistemas que produzem unicórnios e esse fenômeno torna-se mais comum em todo o mundo. Em 2019, por exemplo, já havia 84 ecossistemas com startups bilionárias (STARTUP GENOME, 2020).

A economia global de startups gerou um valor de cerca de US\$ 3 trilhões entre 2017 e o início de 2019 (STARTUP GENOME, 2020). No ano de 2019 dentre as dez maiores empresas do mundo, sete eram do setor de tecnologia, representando o setor mais significativo nesse ranking. Além disso, os investimentos em startups nesse ano foram na ordem de US\$ 300 bilhões, caracterizando-o como um setor expressivo (STARTUP GENOME, 2020).

Em 2021, as dez maiores startups têm um valor de mercado de mais de US\$ 382 bilhões, com destaque para soluções de Inteligência Artificial, transporte, aeroespacial e *fintechs* (DISTRITO, 2021a). O *ranking* elaborado pela Distrito (2021a) encontra-se na Figura 13 e destaca a ByteDance, DiDi Chuxing, SpaceX, Stripe, Roblox, Kuaishou, Instacart, Epic Games, One97 Communications e Yanfudao, respectivamente, como as dez startups de maior valor no ano de 2021.

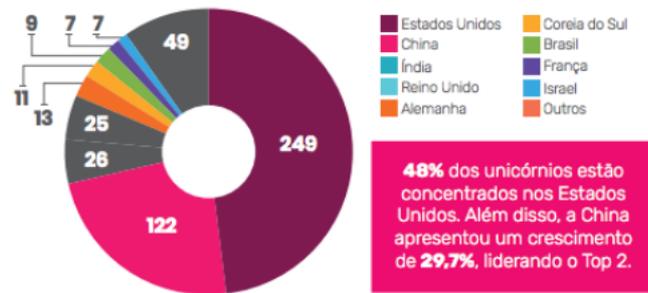
Figura 13 - Ranking das dez startups de maior valor em 2021 (US\$ bilhões)



Fonte: Distrito (2021a)

O mercado total de unicórnios hoje, conta com 518 startups em todo o mundo que somados têm um valor de US\$1.636,19 bilhões. Elas estão majoritariamente concentradas nos Estados Unidos e na China (DISTRITO, 2021a) e sua distribuição pode ser visualizada na Figura 14.

Figura 14 - Localização dos unicórnios em 2021 (US\$ bilhões)



Fonte: Distrito (2021a)

Alguns dos unicórnios brasileiros, são a 99, Nubank, iFood, Gympass, Loggi, QuintoAndar, Ebanx, Loft, VTEX e MadeiraMadeira. Essas empresas têm um potencial de crescimento exponencial inédito, a Loft por exemplo, atingiu o *valuation* de US\$1 bilhão apenas 16 meses depois de sua fundação (DISTRITO, 2021a).

Nessa nova era tecnológica e dinâmica, os novos competidores provocam rupturas em todos os setores, inclusive nos mais tradicionais, e conseguem escalar suas operações a um baixo custo. Um exemplo desse processo foi a Amazon, que passou de uma vendedora de livros a um conglomerado que tem receita de bilhões de dólares (SCHWAB, 2016).

Para enfrentar a competição, empresas bem estabelecidas estão recorrendo à digitalização e à criação de novos negócios para se manterem competitivas. Mesmo com altos investimentos em startups, compras de startups e a criação de incubadoras, grandes empresas falham em estabelecer negócios que garantirão o seu futuro. Um dos motivos para isso, é que empresas tradicionais possuem um excesso de controle institucional e são incapazes de escalar inovações. Assim, as empresas precisam repensar seus modelos operacionais para um crescimento baseado em inovação (MCKINSEY & COMPANY, 2019a).

## 2.3 Startups e Indústria 4.0

### 2.3.1 Modelos de negócios de startups da Indústria 4.0

Mercados virtuais são definidos pelo foco em transações executadas pela internet, são altamente conectados, baseados no amplo alcance e na riqueza de informações. Portanto, pode-se inferir que os princípios de modelos de negócios para

empresas digitais podem ser aplicados às startups de Indústria 4.0, também chamadas de *indtechs*. Alguns dos mais importantes são a facilidade de oferecer produtos complementares, as novas formas de colaboração entre organizações, a redução de assimetria de informações entre atores, customização em tempo real, alta interconectividade, falta de limites geográficos e barreiras físicas. Esses fatores aliados ao baixo custo de processamento de informações e de conexão permite maior eficiência e tomadas de decisão mais rápidas e assertivas (AMIT; ZOTT, 2001).

Além de permitir a criação de novas ofertas, esses modelos de negócios são orientados por dados, oferecem serviços focados nos clientes, e integram a rede de parceiros e usuários pela internet de forma colaborativa. Dessa forma, são criadas novas formas de monetização, como por exemplo a receita por taxa de inscrição, por anúncios, por comissões (AMIT; ZOTT, 2001), e por equipamentos com *hardware-as-a-service* (CHAKRABARTI *et al.*, 2021).

A análise de dados é um dos pilares mais importantes da Indústria 4.0. Para apoiar as empresas nessa demanda, startups também oferecem soluções que têm como recurso-chave os dados, chamados de modelos de negócios *data-driven* (HARTMANN *et al.*, 2016). A tecnologia *Big Data* pode criar valor para empresas de duas formas principais: uso de dados para a otimização de processos, serviços e práticas de negócio atuais ou para a inovação em produtos e modelos de negócios baseados no uso de dados (HARTMANN *et al.*, 2016).

Alguns dos modelos de negócios baseados em dados mais conhecidos do mundo são: Amazon, Google, Facebook e Netflix (SORESCU, 2017). Sorescu (2017) afirma que todos esses negócios atingiram bilhões de dólares de valor de mercado por estratégias de *Big Data*. A autora cita o exemplo da Amazon.com que recomenda produtos aos usuários a partir da coleta e análise de dados complexos e em volumes elevados, gerando valor para a experiência do usuário. Outros exemplos de empresas que estão utilizando dados para alavancar suas operações são a Microsoft e o SAP, que passaram de provedores de licenças de software e hardware para provedores de serviços baseados em dados e soluções que entregam aplicações e plataformas para a resolução de problemas dos seus clientes (SORESCU, 2017).

Com tantas novas propostas também surgem novos modelos de negócios baseados em dados. Hartmann *et al.* (2016) sugere alguns modelos como *data-as-a-*

*service, analytics-as-a-service, data-aggregation-as-a-service, data warehousing, business intelligence* e modelos de negócios baseados em nuvem. Assim, pode-se concluir que o *Big Data* oferece inúmeras oportunidades de melhorias e inovações em modelos de negócios.

### **2.3.2 Indtechs**

As startups de Indústria 4.0, ou *indtechs*, estão mudando radicalmente a sua operação, baseando-se em dados, análises avançadas e na economia de plataforma. Assim, elas estão melhorando a cadeia de suprimentos rumo à escala e flexibilidade (HAHN, 2019). A mentalidade empreendedora das startups unidas às tecnologias da Indústria 4.0 como *Blockchain*, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, IoT, *Big Data Analytics* e IA resulta em uma rápida adoção dessas tecnologias e inúmeros testes desses modelos de negócios (STEININGER, 2018).

Foram criadas inúmeras startups que trabalham com Internet das Coisas Industriais, chamadas de IIoT. Essa tecnologia é considerada uma das maiores habilitadoras da Indústria 4.0 (CHAKRABARTI *et al.*, 2021). Ela permite a execução de propostas de valor mais flexíveis, com produtos personalizados e até lotes de produção unitários (ARNOLD; KIEL; VOGIT, 2016). O fornecimento de informações em tempo real permite inclusive que os clientes co-criem as soluções oferecidas pela empresa ajustando a oferta às suas necessidades (AMIT; ZOTT, 2001). Essas soluções geram ganhos como a redução de custos, aumento da confiabilidade, apoio na tomada de decisão, qualidade e eficiência da produção. Para isso, contam com tecnologias como IA e *Big Data Analytics* (ARNOLD; KIEL; VOGIT, 2016; CHAKRABARTI *et al.*, 2021).

Na Indústria 4.0 os CPS e a IoT permitem a conectividade dos objetos incorporando a eles funções de sensoriamento e atuação. Essas duas tecnologias estão criando pontes entre o mundo cibernético e físico com respostas em tempo real resultando na manufatura inteligente (YAO *et al.*, 2017). A IoT e os CPS estão sendo cada vez mais integrados, convergindo na Internet dos Serviços (IoS). Nesse sentido, a IoT proporciona a conectividade dos objetos e a IoS oferece conhecimentos de negócios para as empresas a partir desses dados coletados (KAGERMANN *et al.*, 2013). A IoS também é chamada de serviços de *cyber* manufatura, que oferece

soluções que envolvem todos os processos e recursos do ciclo de vida de manufatura em formato de nuvem (PISCHING *et al.*, 2015; YAO *et al.*, 2017).

A IoS é a infraestrutura que utiliza a internet como forma de vender e oferecer serviços, sendo caracterizada como uma inovação em modelo de negócios. A partir dela é possível oferecer serviços sob-demanda pela internet e as suas integrações mais flexíveis permitem serviços *pay-per-use*, por exemplo. Alguns dos serviços já oferecidos hoje são: *design* (DaaS), manufatura (MFGaaS), simulação (SaaS), experimentação (EaaS), gestão (MaaS), manutenção (MAaaS) e logística (LaaS) como serviços (YAO *et al.*, 2017). A IoS abre inúmeras possibilidades para empresas virtuais, que podem virtualizar e resumir sistemas produtivos (PISCHING *et al.*, 2015).

Um dos poucos estudos conduzidos sobre startups e a digitalização do setor industrial afirma que a maioria das *indtechs* atua com tecnologias digitais com foco em processos de negócios de operação, que são: planejamento, fornecimento, produção, entregas e retornos. Esse estudo conduzido por Hahn (2019) analisou uma amostra de 123 empresas com foco em inovação na cadeia de suprimentos. Concluiu-se que a maioria das *indtechs* inova em abordagens baseadas em software e possui uma arquitetura de negócios baseada em serviços. Em segundo lugar, a amostra continha startups que atuam no gerenciamento de infraestrutura da cadeia de suprimentos apoiando processos e a gestão de desempenho de ativos. Assim, as *indtechs* estão mudando radicalmente as cadeias de suprimento a partir da análise de dados e da economia de plataforma (HAHN, 2019).

Esse impacto pode ser traduzido pelo conceito de unicórnios, como já visto anteriormente. No mundo, existem 68 unicórnios que utilizam as tecnologias da Indústria 4.0 (DISTRITO, 2021b). A maioria dessas *indtechs* utiliza IA (25%), seguidas por *indtechs* de hardware, soluções automotivas e de transporte, serviços e softwares de internet, análise e gestão de dados e *supply chain*, logística e entregas, cada um com 23,5%. É interessante notar que as startups de hardware possuem o maior valor de mercado, seguido pelas empresas de IA (DISTRITO, 2021b).

De acordo com o relatório produzido pela Distrito (2021b) existem 447 *indtechs* no Brasil que oferecem soluções para processos industriais. Foram consideradas empresas com inovação no centro do modelo de negócios, baseadas em tecnologia, em atividade no momento do estudo, que desempenham atividades relacionadas à

Indústria 4.0, criadas e operadas no Brasil. Esse estudo desconsidera empresas com longo histórico, empresas de desenvolvimento de software sob demanda, consultorias e agências de *marketing*, publicidade ou design.

O trabalho apresentado pela Distrito (2021b) considera quatro principais grupos de tecnologias da Indústria 4.0: poder computacional (envolvendo IoT, computação em nuvem e *Blockchain*), inteligência artificial (contando com Visão Computacional, automação e *Advanced Analytics*), interação homem-máquina (com robótica, *wearables*, Realidade Virtual e Aumentada), e a manufatura avançada (energia, biotecnologia, manufatura aditiva e materiais avançados). De acordo com esse mapeamento, a maioria das soluções brasileiras trabalham com IA industrial representando 38% das startups mapeadas. As tecnologias específicas utilizadas no centro da proposta de valor das *indtechs* brasileiras estão ranqueadas da seguinte maneira: 27,7% utilizam *Advanced Analytics*, 18,1% IoT, 10,5% soluções de energia, 6,5% Visão Computacional (DISTRITO, 2021b).

Outro dado interessante que o relatório da Distrito (2021b) traz é que a maioria absoluta (89,3%) das *indtechs* brasileiras têm como público alvo outras empresas e a maioria (42,7%) são soluções de software pelo seu baixo custo e elevada escalabilidade. Existem também *indtechs* que oferecem soluções de hardware e software em conjunto que representam 35,3% das empresas mapeadas (DISTRITO, 2021b).

Considerando esse panorama traçado, o estudo aqui descrito visa compreender o modelo de negócios das *indtechs* brasileiras e sua contribuição para a quarta revolução industrial. Busca-se identificar os seus principais pilares da proposta de valor e do modelo de negócios bem como compreender melhor o seu impacto na transformação da indústria brasileira.

### **2.3.3 *Indtechs* e implementação da Indústria 4.0**

Conforme descrito na metodologia, o primeiro objetivo específico do estudo é identificar na literatura a relação entre *indtechs* e a implementação da Indústria 4.0. Por isso, o primeiro passo foi revisar a bibliografia disponível nas bases *Web of Science* e *Scopus* sobre o tema. A seguir serão apresentados os estudos e principais informações obtidas nessa pesquisa.

Em meio ao cenário de intensa transformação e disrupção causada pelas tecnologias da Indústria 4.0, economias e estruturas de manufatura estão sendo modificadas. De acordo com a literatura, esse cenário cria oportunidades para empreendedores e novas empresas baseadas em tecnologia para liderar a inovação criando novas ofertas dominantes no mercado (CHRISTENSEN, 1997; FERRÁS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2018).

Estudos indicam que o potencial de transformação da aplicação de tecnologias como a manufatura aditiva, Inteligência Artificial, Internet das Coisas e *Big Data* é significativo. Existem diversos estudos sobre a Indústria 4.0 e suas tecnologias principalmente em áreas técnicas e de engenharia, porém, faltam estudos sobre essas novas empresas baseadas em tecnologias no setor de manufatura (FERRÁS-HERNÁNDEZ *et al.*, 2018).

Na Indústria 4.0, a grande disrupção é causada pela interconexão de tecnologias da informação com a indústria tradicional. As empresas passam a coletar dados e prover inteligência (DISTRITO, 2021b) e buscam por controle e otimização de seus processos internos, mas muitas vezes não possuem as capacidades necessárias. Nesse caso, as indústrias podem buscar soluções externas com projetos em parceria ou investimentos em startups. A colaboração com startups é particularmente valiosa porque elas são mais ágeis, mais abertas a customizações e adaptações, possuem mais conhecimentos e têm serviços com custos menores. Assim, as startups representam uma oportunidade para o início da jornada de transformação digital de empresas (DELOITTE, 2018).

Hoje em dia é comum ver esse tipo de alianças, onde a startup produz conhecimentos que aceleram a “solução de problemas complexos, oxigenando a cultura corporativa” (DISTRITO, 2021b, p. 11). Nesse processo, a inovação aberta tem impulsionado essas relações de cooperação em que as startups capturam ideias, conhecimentos e tecnologias externas, criando uma solução digital que será implementada no setor produtivo. Essa parceria pode ser muito positiva para o Brasil, em especial, onde as startups oferecem tecnologias disruptivas de maneiras criativas e as empresas já estabelecidas adotam essas soluções gerando inovação e uma melhoria na economia do país (ROCHA; MAMÉDIO; QUANDT, 2019).

As startups, que são agentes relevantes para a disseminação de inovações e tecnologias no mercado, podem facilitar a transição da indústria para o mundo digital (RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018; GHEZZI; CAVALLO, 2020; STEININGER, 2018; HAHN, 2019). Considerando as necessidades de aceleração tecnológica, as *indtechs*, têm uma relevância ainda maior (RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018).

As startups “desenvolvem novas tecnologias habilitadoras como sensores, *Machine Learning*, Realidade Aumentada e outras” (DELOITTE, 2018, p. 9, tradução nossa). Dessa forma, fica evidente que as startups são consideradas atores-chave para impulsionar a digitalização da manufatura e o desenvolvimento da Indústria 4.0 (ROCHA; MAMÉDIO; QUANDT, 2019; KACZAM *et al.*, 2021; DISTRITO, 2021b; INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 2017).

O estudo conduzido por Kaczam *et al.* (2021) explora quatro pilares das *indtechs*. O primeiro é a cultura organizacional, que é essencial para a criação de relacionamentos, processos de aprendizagem e para a geração de ideias. Os autores destacam a importância da aquisição, retenção, melhoria e compartilhamento do conhecimento como um fator relevante para apoiar a Indústria 4.0. A capacidade gerencial é outro determinante para o sucesso das empresas e para o melhor uso dos recursos disponíveis, seguido pela tecnologia que deve minimizar custos operacionais, melhorar a qualidade e acelerar a inovação. A tecnologia deve ser vista como um recurso estratégico para essas empresas e como possíveis alavancas para a performance organizacional (KACZAM *et al.*, 2021).

Dentre os inúmeros ganhos promovidos pela Indústria 4.0 três principais são ressaltados por Rocha, Mamédio e Quandt (2019) em um dos raros estudos conduzidos no Brasil sobre *indtechs*. Os autores destacam: a digitalização e a integração da cadeia de valor e dos processos de negócios; a digitalização de produtos e serviços incluindo sensores e hardwares que suportam a análise de dados, soluções integradas e customizadas; e o desenvolvimento de modelos de negócios digitais com amplo acesso ao mercado (ROCHA; MAMÉDIO; QUANDT, 2019).

É comum encontrar estudos sobre startups que aplicam as tecnologias da Indústria 4.0 em países como os Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Suécia,

Alemanha, República Tcheca, Suíça, países Balcãs e na Europa em geral (HOFFMANN; PRAUSE, 2018; HAHN, 2019; RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018, INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 2017). É perceptível que diversos países no mundo confirmam a importância das startups para suas economias e para a adaptação de sua malha produtiva à essa nova Revolução Industrial (INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 2017).

Contudo, esse fenômeno não tem sido muito explorado na literatura em países periféricos (GOSH; MAHTA; AVITTATHUR, 2018). A necessidade de aceleração tecnológica em economias em desenvolvimento torna a criação de startups inteligentes ainda mais importante e urgente (KACZAM *et al.*, 2021).

Estudos recentes mostram que startups da Indústria 4.0 estão sendo difundidas nos mais diversos países como a Índia, Brasil e Indonésia (ROCHA; MAMÉDIO; QUANDT, 2019; GOSH; MAHTA; AVITTATHUR, 2018; KAINDE; BATMETAN, 2019). No caso da Indonésia, por exemplo, o governo adotou medidas de incentivo para startups que resultaram no crescimento das companhias locais, estímulo da economia, investimento para o país e novos empregos (KAINDE; BATMETAN, 2019). Na Índia, existem startups que aplicam tecnologias da Indústria 4.0 como materiais avançados, Visão Computacional e criam produtos para a mobilidade urbana (GOSH; MEHTA; AVITTATHUR, 2018). No Brasil, o estudo conduzido por Rocha, Mamédio e Quandt (2019) retrata *indtechs* no Paraná que trabalham com tecnologias como RFID, soluções de IA, *gateways* para a arquitetura de IoT e robôs inteligentes industriais.

Assim, pela literatura analisada pode-se concluir que existe uma relação positiva entre as startups e a disseminação de tecnologias da Indústria 4.0. Embora essa relação causal não tenha sido quantificada e ainda haja lacunas de conhecimento sobre *indtechs*, pode-se concluir que esse movimento tem tomado proporções significativas e possui importância na adaptação da manufatura à era *smart*. Além dos diversos estudos encontrados que enfatizam a relevância dessas organizações na inovação e na disseminação de tecnologias, são relatados diversos casos de startups proeminentes. O fato de que vários países estão implementando

políticas de apoio e fomento também indica que esse tema se tornará tendência para os próximos anos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

O conhecimento científico é obtido a partir de métodos científicos que envolvem procedimentos intelectuais e técnicos, técnicas objetivas, sistemáticas e impessoais (GIL, 2008; GIL, 2002). Uma pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático que se inicia a partir de uma dúvida. Assim, a metodologia descreve o passo a passo com métodos e técnicas utilizadas na pesquisa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A aplicação de métodos em experimentos auxilia-nos a compreender melhor a nossa realidade, resultando em conhecimento científico que está sempre evoluindo (FONSECA, 2002).

As pesquisas podem ser classificadas em natureza básica ou aplicada. A ciência básica se ocupa do desenvolvimento de conhecimentos novos e universais. Já a ciência aplicada se dedica às utilidades, consequências e aplicações práticas dos conhecimentos básicos (GIL, 2008). Assim, a pesquisa aplicada é realizada para solucionar um problema específico envolvendo interesses locais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Como o presente estudo é focado na análise da aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 por meio de startups e seus modelos de negócios considera-se que é uma pesquisa aplicada.

Existem duas abordagens principais de pesquisa: qualitativa e a quantitativa. A primeira dedica-se à compreensão e explicação de relações sociais enquanto a segunda é focada na análise de dados quantitativos. A abordagem quantitativa centra-se na objetividade e na análise de dados, coletados por instrumentos neutros e padronizados, para encontrar a resposta ao problema de pesquisa (FONSECA, 2002). A pesquisa qualitativa busca produzir informações profundas e ilustrativas a fim de explicar e compreender a dinâmica das relações sociais. Essa abordagem de pesquisa busca interpretar o objeto, dando maior importância ao seu contexto e envolve uma proximidade maior do pesquisador (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Assim, percebe-se que ambas as abordagens possuem pontos fracos e pontos fortes, por isso, é sugerido utilizá-las de forma complementar para coletar mais informações (GERHARDT; SILVEIRA, 2009; FONSECA, 2002). O presente estudo conta com uma parte qualitativa para a melhor compreensão do fenômeno das *indtechs* no Brasil e seus modelos de negócios. Essa análise buscou sintetizar os

temas mais comentados pelos entrevistados para descrever os fenômenos observados e apoiar a identificação de aspectos diferenciados nos modelos de negócios que eles relataram. As entrevistas realizadas foram ainda tabuladas para uma análise quantitativa cujo objetivo foi retratar uma visão geral das variáveis abordadas e permitir a sua compreensão mais analítica e comparativa. Dessa forma, o estudo possui uma abordagem quali-quantitativa.

As pesquisas podem ser divididas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. O primeiro tipo visa tornar o problema de pesquisa mais explícito, esclarecer conceitos e ideias, aprimorando seu entendimento e proporcionando maior familiaridade com o problema (GIL, 2002; GERHARDT; SILVEIRA, 2009). As pesquisas exploratórias têm o objetivo de dar uma visão geral acerca de um fato, realizada principalmente quando o tema é pouco explorado (GIL, 2008). Pesquisas descritivas utilizam técnicas padronizadas de coleta de dados com o objetivo de revelar características de um fenômeno e estabelecer relações entre as variáveis estudadas (GIL, 2002). Esse tipo de pesquisa visa descrever fatos e fenômenos de uma realidade (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). As pesquisas explicativas buscam explicar o porquê das coisas, identificando fatores que contribuem ou determinam o acontecimento dos fenômenos em questão (GIL, 2002).

O tema escolhido é pouco abordado na literatura, particularmente em artigos e estudos brasileiros. Por isso enfrenta-se o desafio de conhecer o contexto para então analisá-lo. A aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 é um desafio contemporâneo e complexo que deve ser estudado no contexto real. Dessa forma, o estudo aqui descrito é considerado exploratório (KIEL; ARNOLD; VOGIT, 2017) pois busca trazer mais contexto e informações gerais sobre os modelos de negócios e startups da Indústria 4.0 no Brasil.

O estudo de caso é frequentemente usado para descrever o contexto de investigação pois permite conhecer de forma ampla e detalhada uma situação (GIL, 2008). Estudos de caso são especialmente úteis em situações onde o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e está analisando fenômenos contemporâneos da vida real (YIN, 2001). Esse tipo de investigação se debruça sobre uma situação específica e busca descobrir sua essência e características principais a partir da obtenção de uma grande quantidade de informações dos objetos de pesquisa

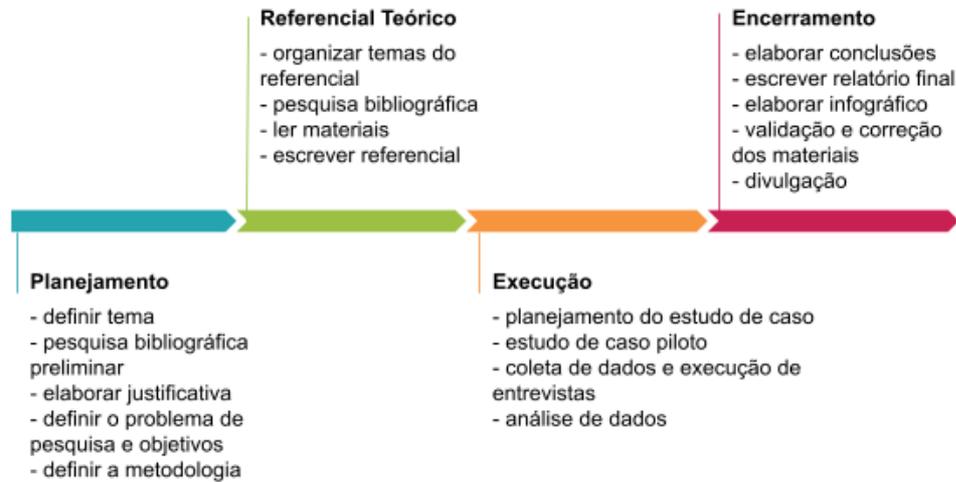
(FONSECA, 2002). É possível conduzir estudos de casos múltiplos simultaneamente com várias instituições, por exemplo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Considerando que um dos objetivos gerais do estudo é investigar modelos de negócios das *indtechs* brasileiras, é necessário avaliar múltiplas empresas para elaborar esse panorama geral sobre sua atuação. Por todos esses motivos e pela sua adequação aos problemas e objetivos de pesquisa, o procedimento escolhido para o estudo foi o estudo de casos múltiplos.

### **3.2 Procedimento Metodológico**

A metodologia é composta por “regras e procedimentos estabelecidos para realizar uma pesquisa” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p.13). Um método científico visa atingir os objetivos de pesquisa a partir de um conjunto de dados e operações ordenadas que permitem que o pesquisador chegue às suas conclusões (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

A metodologia pode ser entendida como as etapas ordenadas para investigar um fenômeno que inclui a definição do tema e da metodologia, planejamento da pesquisa, coleta e análise de dados, conclusões e divulgação dos resultados (SILVA; MENEZES, 2001). De acordo com Yin (2001), as pesquisas exploratórias costumam envolver referencial teórico, entrevistas com pessoas experientes no assunto pesquisado e a análise de exemplos. O estudo de caso, por sua vez, conta com cinco fases principais: planejamento, preparação para a coleta de dados, coleta de dados, análise e composição do relatório (YIN, 2001). Assim, a pesquisa aqui descrita foi dividida em quatro etapas principais: planejamento, referencial teórico, execução e encerramento conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Procedimento metodológico do estudo



Fonte: Autoria própria baseada em Yin (2001), Silva; Mendez (2001) e Gil (2002)

Conforme Gil (2002), é necessário definir o tema a ser abordado, que foi definido como inovação em modelo de negócios e Indústria 4.0. A pesquisa bibliográfica é o primeiro passo de um trabalho científico. A partir da leitura de trabalhos já publicados, o pesquisador pode conhecer o que já foi estudado cientificamente sobre o assunto e coletar mais informações sobre o problema analisado (FONSECA, 2002). A pesquisa bibliográfica é fundamentada em fontes bibliográficas escritas e a pesquisa eletrônica disponibiliza conteúdos em *home page* e *sites* (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). A pesquisa bibliográfica foi realizada acessando trabalhos acadêmicos via *Web of Science* e *Scopus* e pesquisas de materiais e estudos de consultorias e instituições como CNI, ABDI e ACATECH via *Google Search*.

Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica geral para identificar os principais temas de interesse da autora e possíveis lacunas de pesquisa. O primeiro foco foi entender o panorama geral da indústria brasileira e sua atual adoção da Indústria 4.0. Foi verificado através de estudos da CNI (2020) e ABDI (2017) que o Brasil sofre com um processo de desindustrialização e perda de competitividade e ainda não consegue implementar a Indústria 4.0 para alavancar sua operação, ganhar mais produtividade e reduzir custos (MCKINSEY & COMPANY, 2019b).

Por outro lado, as *startups* foram apontadas como oportunidades para apoiar esses desafios estruturais enfrentados pela nossa indústria (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018; DISTRITO, 2021b). Contudo, o acesso a bibliografias científicas

sobre modelos de negócios que integram as inovações tecnológicas é limitado (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018). Encontraram-se poucos estudos sobre *indtechs* e nenhum que focasse no modelo de negócios praticado para entender como essas soluções estão gerando valor e apoiando as empresas brasileiras. Assim, a justificativa e o problema de pesquisa foram definidos.

Os objetivos do estudo então, estão focados na identificação da relação entre *startups* e a implementação da Indústria 4.0 na literatura disponível, a análise de modelos de negócios de *indtechs* brasileiras para identificar sua contribuição para a implementação da Indústria 4.0 no país e a comparação e síntese dos aspectos-chave dos modelos de negócios das *indtechs*.

Para atingir esses objetivos, seria necessário primeiramente, revisar a bibliografia disponível (YIN, 2001; GIL, 2008) para identificar conhecimentos prévios sobre o impacto das startups na implementação de novas tecnologias. Por ser um problema complexo, incluindo relações organizacionais e envolvendo um assunto relativamente novo, a metodologia indutiva é apropriada (COHEN; BINGHAM; HALLEN, 2018). De acordo com Kiel, Arnold e Vogit (2017), a condução de estudos de casos em análises organizacionais no contexto de sistemas de informação é bem aceita. Assim, foi esse o procedimento escolhido.

Os estudos de caso múltiplos são a abordagem mais adequada para compreender os modelos de negócios de forma profunda, flexível e abrangente e possibilitar a análise de padrões (COHEN; BINGHAM; HALLEN, 2018). Outra vantagem do estudo de caso múltiplo é sua lógica de replicação permitindo uma compreensão mais ampla do fenômeno, maior robustez e confiança nos resultados levando a maior potencial de generalização (YIN, 2001; EISENHARDT, 1989). Foi definido então que o estudo abordaria várias startups brasileiras de Indústria 4.0 com entrevistas semiestruturadas para coleta de dados. Assim, concluiu-se a fase de planejamento do projeto.

A segunda etapa foi a elaboração do referencial teórico partindo da definição dos dois temas principais da pesquisa: startups e Indústria 4.0, e startups e inovação em modelo de negócios. Assim, foram definidos os três temas do referencial: inovação, Indústria 4.0 e modelo de negócios. Para encontrar materiais de referência nesses assuntos foram utilizadas as bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, além

da pesquisa no Google por relatórios *on-line* e pesquisas realizadas por consultorias ou instituições relevantes nessas áreas como a PriceWaterhouse Coopers (PwC), McKinsey & Company, Startup Genome, Distrito e Liga Ventures.

A etapa de execução foi composta por quatro principais atividades: planejamento do estudo de caso e preparação da coleta de dados, realização do estudo de caso piloto, coleta de dados e análises (YIN, 2001; GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012; EISENHARDT, 1989). O protocolo de pesquisa guia toda a execução do trabalho, definindo as regras e procedimentos gerais a serem adotados (YIN, 2001). A primeira definição feita foi sobre os estudos de casos a serem analisados. Foi definido que o público-alvo seriam todas as *indtechs* do Brasil que estivessem na base aberta da Associação Brasileira de Startups (*StartupBase*). Assim, esses dados estariam abertos para que qualquer um pudesse avaliar posteriormente. Essa base foi acessada no dia 9 de agosto de 2021, quando foi inserido “Indústria 4.0” como elemento de busca e foram selecionadas apenas as startups em fase de tração, operação e escala. A definição clara do público-alvo da pesquisa é importante para controlar variações e definir limites para a generalização dos resultados (EISENHARDT, 1989).

A pesquisadora, então, avaliou essa base selecionando as startups que trabalham com modelos de negócios *Business to Business*, ou seja, com o público alvo de indústrias e/ou empresas em geral e que têm soluções baseadas nas tecnologias da Indústria 4.0. Não foram impostas restrições tecnológicas para as startups, todas aquelas com tecnologias encontradas no levantamento bibliográfico foram incluídas. Essa decisão objetivou a seleção de startups diversas para analisar o fenômeno amplamente.

Um estudo de casos de qualidade deve contar com informações de várias fontes (YIN, 2001; GIOIA; CORLEY, HAMILTON, 2012; EISENHARDT, 1989). Além da *StartupBase* foi consultado o site da empresa, o *LinkedIn*, o site que registra investimentos em startups *CrunchBase*, mecanismo de pesquisas *Google* e *YouTube* para entender as soluções oferecidas, dados gerais da empresa e o público-alvo. Esses dados foram computados em uma planilha em Excel para organização das informações, e foram identificadas 103 *indtechs* em 15 estados brasileiros.

A escolha das pessoas a serem entrevistadas foi prioritariamente feita pelo cargo e por ter sido fundador da *startup* conforme a seguinte ordem: diretores executivos (CEOs), diretores de operações (COOs) e diretores de produto (CPOs). Foi desenvolvido um texto padrão e foram contactadas 96 *indtechs*. Das restantes, não foi possível contato ou os funcionários não foram encontrados. Pelo contexto da pandemia e pela falta de conexões nesse nicho de mercado, a pesquisadora optou por fazer esses contatos pelo *LinkedIn*, prevendo que naturalmente haveria uma baixa taxa de respostas. A decisão de contactar todas as empresas também foi positiva, pois elimina possíveis vieses como advertido por Yin (2001) e assim foi possível aumentar os horizontes de pesquisa com uma visão mais generalista das tecnologias da Indústria 4.0 (KIEL; ARNOLD; VOGIT, 2017).

O controle e gerenciamento do processo de agendamento de entrevistas, de mensagens enviadas, conexões aceitas e status da reunião foi realizado pela planilha em Excel já elaborada anteriormente. Além desses procedimentos de agendamento, foi elaborado um processo padrão para a execução das entrevistas, com o envio de mensagem de confirmação da reunião no dia anterior, caso a reunião fosse confirmada, o material da startup já coletado era revisado antes da reunião para que a autora já tivesse um entendimento básico do negócio previamente.

Antes de iniciar a coleta de dados, é importante conduzir um estudo de caso piloto para familiarizar o pesquisador com possíveis problemas e oportunidades de melhorias (YIN, 2001). O estudo piloto foi conduzido com dois CEOs e fundadores de startups, um engenheiro agrícola de formação e profissional da área de gestão de recursos hídricos e um engenheiro eletricista. Após essas entrevistas foram realizadas melhorias no roteiro e no planejamento do estudo.

As entrevistas do estudo foram realizadas via Google Meet entre os dias 18 de agosto e 9 de setembro de 2021 com uma média de duração de 50 minutos. Foram conduzidas 35 entrevistas, contudo, 29 delas foram consideradas válidas, já que algumas empresas não tinham clientes ou não tinham produtos escaláveis, baseando-se mais em consultoria, o que não se enquadra na definição de startups.

É importante notar que, em um contexto de estudo de casos profundos e sobre problemas pouco explorados na literatura, é necessário ter flexibilidade. Por esse motivo, as entrevistas conduzidas foram semi-estruturadas (YIN, 2001). A decisão de

focar nas entrevistas como fonte primária de dados empíricos faz sentido pela natureza exploratória do estudo e permite a coleta de forma estruturada e aberta (KIEL; ARNOLD; VOGIT, 2017).

Considerou-se que o entrevistado possuía domínio sobre o assunto e o foco da conversa tornou-se a experiência do executivo. De acordo com Gioia, Corley e Hamilton (2012), nesses casos deve ser primordialmente priorizada a voz aos respondentes. Por isso, as anotações das entrevistas foram realizadas utilizando as expressões e frases dos próprios entrevistados, retratando de forma mais fidedigna possível as suas percepções. Foi dado espaço para o entrevistado dar suas opiniões, compartilhar experiências e conhecimentos sobre o tema (KIEL; ARNOLD; VOGIT, 2017).

Foi utilizado o mesmo roteiro de pesquisa em todas as entrevistas, mas cada entrevista foi conduzida de forma diferente, dependendo da linha de raciocínio do entrevistado, alterando a ordem das perguntas ou até mesmo nuances no seu conteúdo para se adequar melhor à experiência do executivo (GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012). Alguns exemplos dessas alterações foram a adição de perguntas sobre a estrutura de valor ou fabricação de hardware para algumas empresas, a explicação de estratégias tecnológicas como sendo as metas e prioridades tecnológicas a longo prazo, e a pergunta dos benefícios da solução quando o entrevistado afirmava não haver indicadores quantitativos sobre o impacto das soluções ofertadas pela empresa. Contudo, abordaram-se todos os temas propostos e as mensagens iniciais de alinhamento e conclusão foram padronizadas em todas as entrevistas.

As entrevistas se iniciaram com um agradecimento pelo tempo do entrevistado e pela abertura, breve contextualização do projeto explicando seu caráter acadêmico e os principais assuntos da entrevista. E também foi reforçado o caráter de anonimidade das respostas nos relatórios produzidos (GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012) já que a entrevista aborda assuntos sensíveis como diferenciais competitivos, oferta de valor e estratégias tecnológicas. Por esse mesmo motivo, as entrevistas não foram gravadas e a coleta de dados foi realizada com base nos documentos coletados *online* e nas anotações da reunião. Também foi coletado o interesse do entrevistado em receber uma cópia dos resultados da pesquisa em

formato de resumo executivo como maneira de retribuir à cooperação e gerar valor para as startups com o trabalho.

O roteiro da entrevista foi desenvolvido com base nos pilares da definição de modelo de negócios e de startups da Indústria 4.0 conforme a revisão da literatura. As perguntas foram baseadas no canvas de modelo de negócios elaborado por Osterwalder e Pigneur (2011), que foi resultado de uma pesquisa que sintetizou os conceitos mais citados e adotados na literatura sobre o tema (KIEL; ARNOLD; VOGIT, 2017). Além do mais, esse modelo considera empresas que atuam no contexto de sistemas de informação, aspecto chave na proposta de valor das startups. Assim, considerou-se adequado utilizar o canvas de modelo de negócios para o roteiro da entrevista. O estudo teve foco nas dimensões do lado direito do canvas, conforme ilustrado na Figura 12, pois elas representam os aspectos de geração de valor da empresa que melhor caracterizam a sua proposta de valor e portanto, são mais adequadas para os objetivos do estudo. Assim, o roteiro das entrevistas abordou principalmente a proposta de valor, segmento de clientes, relacionamento com clientes, canais e modelos de receita. O roteiro completo encontra-se no Anexo I.

Todas as informações foram registradas em um formulário via *Google Forms* para garantir a segurança e organização das informações. Todos esses cuidados foram pensados para manter a qualidade do projeto, sua validade e confiabilidade (YIN, 2001) utilizando a lógica de replicação, coleta de múltiplas fontes de evidência, adoção de protocolos e banco de dados consistente. Durante as pesquisas, também foram realizadas anotações de campo em um caderno envolvendo observações, análises e *insights* da pesquisadora (EISENHARDT, 1989).

Para encerrar a execução do projeto, foi elaborada a análise de dados, inicialmente descrevendo as startups quantitativamente, avaliando informações como: fase da startup, público-alvo, tecnologias utilizadas, modelo de receita, localidades. Em seguida, foi realizada a análise qualitativa baseando-se nas teorias descritas por Gioia, Corley, Hamilton (2012), Eisenhardt (1989), Glaser, Strauss (1967) e Corbin e Strauss (1990). O uso de evidências quantitativas e qualitativas permite uma compreensão mais ampla dos dados e pode dar mais força aos resultados descritos (EISENHARDT, 1989).

Foi realizada uma análise qualitativa do conteúdo das entrevistas, definindo categorias de forma indutiva. Um conceito, segundo Gioia, Corley e Hamilton (2012), é uma noção geral e ampla que captura qualidades que descrevem ou explicam o fenômeno que está sendo estudado. Os autores ainda afirmam que, em temas pouco explorados, é necessário desenvolver esses conceitos de forma sólida para a posterior criação e validação de construtos. Para o estudo aqui descrito é proposto que os conceitos sejam as unidades de análise e que, durante esse processo, a pesquisadora anote seus *insights*, pensamentos e hipóteses para auxiliar o processo de organização (CORBIN; STRAUSS, 1990).

Gioia, Corley e Hamilton (2012) explicam que desenvolveram uma sistemática indutiva para desenvolver conceitos, baseada na comparação em dois níveis de análise: de primeira ordem (que usa termos e códigos centrados no respondente) e de segunda ordem (que usa conceitos, temas e dimensões centradas na visão do pesquisador). Primeiro, foi realizada a análise de cada caso individualmente (EISENHARDT, 1989), utilizando informações tabulares dos conceitos representados na entrevista. Assim, a pesquisadora adquiriu mais familiaridade com cada caso e as particularidades de cada um foram registradas.

Nessa etapa, devem ser criados inúmeros termos de acordo com as informações coletadas nas entrevistas formando os conceitos de primeira ordem (GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012). Durante essa codificação individual, deve ser conduzida uma análise cruzada entre os casos para procurar padrões e, também, divergências (EISENHARDT, 1989). Informações parecidas são nomeadas com o mesmo conceito e as diferentes são adicionadas em novos conceitos, evitando vieses de processamento de informações (CORBIN; STRAUSS, 1990, GLASER; STRAUSS, 1967).

Com a evolução do estudo, os autores afirmam que o pesquisador começará a perceber padrões e diferenças entre os conceitos, e assim inicia-se o processo de redução dos termos agrupando-os em categorias mais amplas e teóricas. Isso é realizado por meio da comparação entre os conceitos, da mesma maneira feita anteriormente (GLASER; STRAUSS, 1967). Nota-se que nem sempre os conceitos se agrupam em categorias (CORBIN; STRAUSS, 1990).

Nesse processo, a pesquisadora contabilizou a quantidade de vezes que cada conceito e categorias foram encontrados e sua frequência relativa para trazer maior tangibilidade sobre a relevância de cada um. Segundo Gioia, Corley e Hamilton (2012) quando esse processo de comparação e síntese é concluído, o pesquisador deve avaliar se é possível formar dimensões agregadas de nível ainda mais alto. Eisenhardt (1989) sugere que cada caso seja revisado de maneira iterativa, avaliando a sua adequação ao modelo criado para realizar melhorias e garantir veracidade das categorias elaboradas. Glaser e Strauss (1967) afirmam que essa análise deve se encerrar quando a teoria convergir e se tornar um modelo sólido, ou quando houver a saturação teórica dos dados.

Ao seguir esses passos, os autores afirmam que o rigor qualitativo que demonstra a ligação entre os dados e a indução desse novo conceito fica evidente, o que aprimora a qualidade do estudo (GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012). A definição dessas categorias de forma comparativa aumenta a generalidade e o poder de explicação da categoria (GLASER; STRAUSS, 1967), além de geralmente resultarem em conclusões mais acuradas e duradouras (GLASER; STRAUSS, 1967).

Na pesquisa, partiu-se dos conceitos ou palavras utilizadas pelos pesquisados e os temas de segunda ordem foram compostos pelo agrupamento dos conceitos de primeira ordem e nomeados conforme a interpretação da pesquisadora. Por fim, as dimensões agregadas compreenderam a junção dos temas de segunda ordem criando um conceito mais abrangente. Essas categorias são apresentadas em formato de tabela para facilitar a compreensão da estrutura proposta de maneira visual, representando cada uma delas de forma esquemática, conforme (GIOIA; CORLEY; HAMILTON, 2012). Além de aumentar o rigor e a qualidade da análise, essa abordagem de análise de dados torna os conceitos levantados mais relevantes para a área estudada (GLASER; STRAUSS, 1967).

A próxima etapa do estudo foi o encerramento do projeto. As conclusões do estudo são consolidadas e é iniciada a composição do relatório final a partir da identificação do público-alvo do relatório. No projeto aqui descrito, existem dois públicos de interesse: a banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso e os empresários e fundadores de startups que colaboraram com o estudo. Assim, foram elaboradas duas entregas finais, o relatório do projeto de graduação conforme os

padrões da Universidade de Brasília e um resumo executivo para os profissionais que participaram da pesquisa.

## 4 DESENVOLVIMENTO

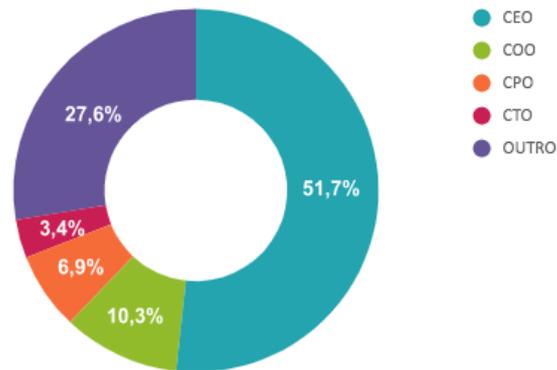
Esse capítulo descreverá os dados coletados durante a realização do estudo de caso e as principais análises conduzidas. Primeiramente, será apresentada a contextualização das empresas que participaram do estudo e em seguida serão apresentadas as análises dos modelos de negócios, expondo a análise comparativa e de síntese dos aspectos-chave do modelo de negócios conforme proposto por Osterwalder e Pigneur (2011). Serão abordados temas como o segmento de clientes, relacionamento com clientes, proposta de valor, monetização e parcerias. O texto também descreverá as contribuições das *indtechs* para a implementação da Indústria 4.0, os desafios enfrentados e as oportunidades sugeridas pelos pesquisados. Por fim, serão apresentadas as estratégias adotadas por essas empresas e a inovação sob a ótica das *indtechs*. Para apresentar os dados serão utilizados gráficos quantitativos e tabelas que representam a análise indutiva das entrevistas realizadas conforme a metodologia proposta.

### 4.1 Contextualização das empresas

O estudo abordou 29 *indtechs* de todo o Brasil. O quadro resumo com as empresas que foram consideradas válidas para a análise de dados, conforme os critérios descritos na metodologia, está apresentado no Anexo II.

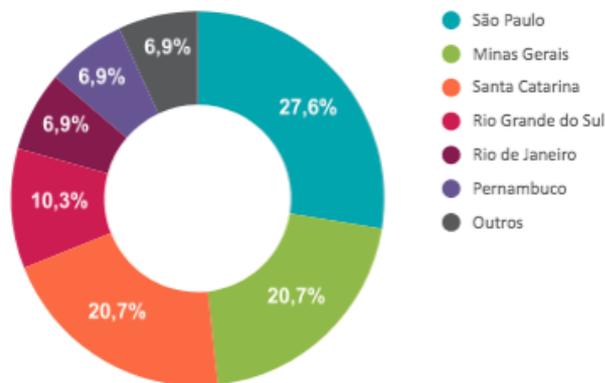
As conversas foram prioritariamente conduzidas com fundadores das *indtechs* e representantes de diretoria. Dentre as 29 pessoas entrevistadas apenas uma era mulher, embora não seja o objetivo do projeto, esse dado corrobora para a tese de que o mundo das startups infelizmente ainda é muito masculinizado (DISTRITO, 2021a; DISTRITO, 2021b). Dentro da amostra válida, cerca de 80% dos participantes eram fundadores ou co-fundadores da startup, sendo que a maioria tinha cargo de CEO, conforme ilustrado no gráfico da Figura 16.

Figura 16 - Cargos dos entrevistados



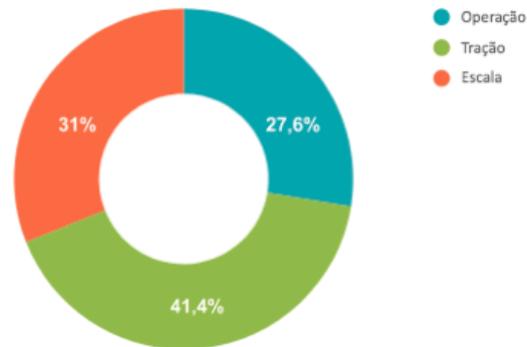
Fonte: Autoria própria (2021)

As *indtechs* entrevistadas são de diversas localidades, um indicador positivo para o objetivo de obter um panorama geral das *indtechs* brasileiras. Destaca-se o maior percentual dessas startups (27,6%) provenientes de São Paulo, um ecossistema promissor para esse tipo de empresa e com um parque industrial relevante (DISTRITO, 2021b; STARTUP GENOME, 2020). O resultado da distribuição por localidades encontra-se no gráfico da Figura 17.

Figura 17 - Localização das *indtechs*

Fonte: Autoria própria (2021)

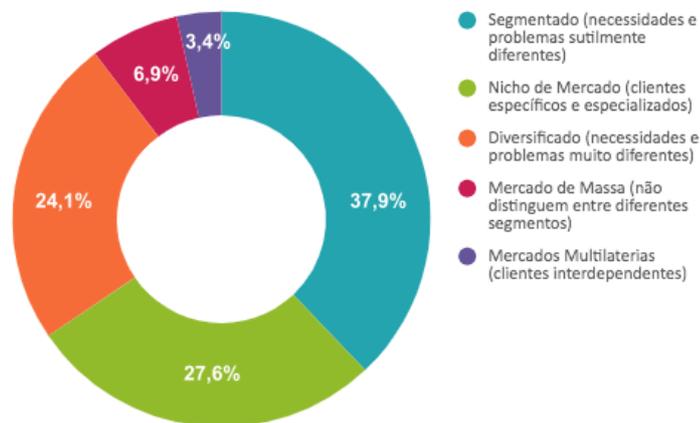
Para avaliar a maturidade das *indtechs* e seu desenvolvimento, foram utilizadas três categorias principais de acordo com as teorias expostas por Perez (2010), Moore (2014) e Ries (2011) descritas no tópico 2.2.3 e 2.2.5, representadas na Figura 9. Assim, a distribuição das fases do ciclo de vida das *indtechs* da amostra está caracterizada na Figura 18.

Figura 18 - Fases do ciclo de vida das *indtechs*

Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.2 Segmento-alvo e clientes das *indtechs*

Entende-se que para compreender o modelo de negócios é importante compreender o público-alvo dos clientes (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011). Durante a entrevista foi perguntado o segmento de mercado em que a *indtech* atua e como elas visualizam as necessidades e dificuldades desse público. Assim, foi possível compreender mais sobre a visão de mercado e a ambição das *indtechs*. O resultado dessa análise encontra-se na Figura 19.

Figura 19 - Mercado de atuação das *indtechs*

Fonte: Autoria própria (2021)

A análise de dados qualitativa se iniciou com a análise indutiva das respostas sobre o público-alvo de maior faturamento das *indtechs*. Assim, obteve-se a estrutura de dados apresentada na Tabela 1 com relação aos segmentos de maior faturamento das *indtechs* estudadas.

Tabela 1 - Estrutura de dados sobre mercado

Conceitos de 1ª ordem	Freq	%	Temas de 2ª ordem		Dimensões agregadas			
			Freq	%	Freq	%		
Segmento automotivo é de maior faturamento	3	9%						
Maior faturamento: metal-mecânica	2	6%						
Transformadores de plástico representam maior faturamento	2	6%						
Maior faturamento: alimentício	2	6%	Mercado de maior faturamento: indústrias manufatureiras	15	45%	Mercado de maior faturamento: indústria		
Maior faturamento: farmacêutico	2	6%						
Têxtil e confecção representam maior faturamento	1	3%					26	79%
Maiores faturamentos vem de indústria aeroespacial	1	3%						
Todos os tipos de indústrias de eletrointensivas	1	3%						
Maior faturamento: fármacos e cosméticos	1	3%						
Mineradoras representam maior faturamento	5	15%	Indústria de base como segmento de maior faturamento	11	33%			
Maior faturamento: siderúrgicas	4	12%						
Petroquímica é o segmento de maior faturamento	2	6%						
Mercado de maior faturamento: transportadoras	3	9%	Mercado de maior faturamento: transporte	4	12%	Mercado de maior faturamento: serviços		
Mercado de maior faturamento: portos	1	3%						
Maior faturamento é do setor financeiro	1	3%	Mercado de maior faturamento: serviços	3	9%		7	21%
Maior faturamento: serviços para saúde	1	3%						
Maior faturamento: grandes redes de varejo	1	3%						

Fonte: Autoria própria (2021)

As indústrias representam o mercado de maior faturamento com destaque para as empresas mineradoras, siderúrgicas e automotivas. Já no setor de serviços, as transportadoras ganham destaque como público de maior receita das *indtechs*. A partir da análise das entrevistas notou-se que as empresas possuem estratégias muito diferentes, algumas focam em tornar a tecnologia acessível, objetivando atender pequenas e médias empresas e outras com foco em grandes empresas, que

normalmente têm mais capital e tecnologia para investir nesse processo de transformação, conforme ilustrado pela Tabela 2.

Tabela 2 - Estrutura de dados sobre foco comercial

Conceitos de 1ª ordem	Freq	%	Temas de 2ª ordem	Freq	%
Grandes empresas	2	13%			
Foco em médias e grandes empresas	1	6%			
Grandes redes de varejo e comércio, shopping, grande comércio, restaurantes, frigoríficos, empresas de água e saneamento básico, indústria de todos os tipos eletrointensivos	1	6%			
Miram grandes empresas	1	6%	Foco de vendas em grandes empresas	8	50%
Trabalhar com grandes players gera escala na venda	1	6%			
Foco em grandes indústrias foi essencial: tem mais recursos, cliente vê mais valor, estão dispostos a pagar bem pelo serviço	1	6%			
Empresas da B3 (grandes empresas) que mais tem fit com o know how	1	6%			
Contribui para Indústria 4.0: aplicação da tecnologia, estão quebrando barreiras, não é só para grandes empresas	1	6%			
Pequenas e médias indústrias mas também tem grandes clientes, atende qualquer tipo de empresa	1	6%			
Produto pode ser aplicado em qualquer empresa	1	6%	Foco de vendas em qualquer tipo de empresa, atende pequenas e médias empresas também	8	50%
Atendem grandes indústrias e diversos ramos pequenos ou médios	1	6%			
Atendem qualquer processo	1	6%			
Inovação: uma solução de Indústria 4.0 deve ser acessível para todas as empresas, precisa funcionar e ser acessível para todos, pequenas, grandes e médias empresas, vendem para todos os tipos de indústria de transformação	1	6%			
Poderia atender qualquer setor	1	6%			
Em qualquer indústria de transformação pesada	1	6%			

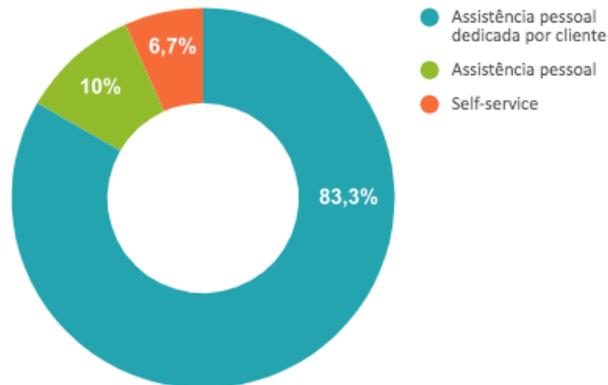
Fonte: Autoria própria (2021)

### 4.3 Relacionamento com clientes das *indtechs*

Como aspecto importante da caracterização de modelo de negócios (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011) foi avaliado o relacionamento estabelecido com os clientes, ilustrado no gráfico da Figura 20. Esse relacionamento é parte importante da fidelização e da implementação da solução, portanto mostra-se relevante entender como as *indtechs* apoiam seus clientes e acompanham os projetos.

Surpreendentemente, mais de 83% da amostra conta com assistência pessoal dedicada ao cliente, onde existe uma pessoa responsável por cada cliente com acompanhamento e apoio personalizado. Outros 10% da amostra oferecem assistência pessoal, onde existem pessoas dedicadas para o suporte, porém, não exclusivamente para cada cliente, trata-se mais de uma área que atende às demandas dos clientes.

Figura 20 - Modelos de atendimento ao cliente

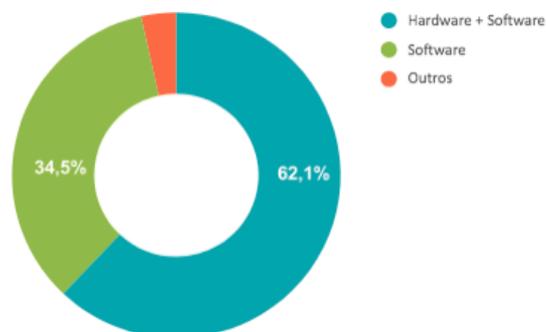


Fonte: Aatoria própria (2021)

#### 4.4 Proposta de valor das *indtechs*

Foi avaliada a oferta de valor das *indtechs*, inicialmente classificando-as em ofertas centradas em hardware, software ou ambos. Constatou-se que 62,1% da amostra tem soluções baseadas em ambas as tecnologias e 34,5% da amostra oferece soluções baseadas somente em software. Assim, definiram-se dois grandes grupos de análise: as startups de Hardware (entende-se Hardware e Software) e as de Software conforme ilustrado no gráfico da Figura 21.

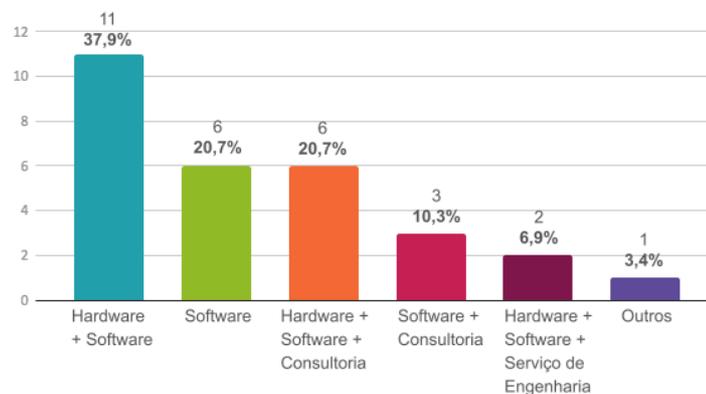
Figura 21 - Oferta das *indtechs* (Hardware ou Software)



Fonte: Aatoria própria (2021)

Nota-se que na amostra não havia *indtechs* que comercializam uma solução somente de hardware. Assim, a maioria das soluções avaliadas se caracterizam como um PSS, oferecendo um produto, serviço e um sistema de inteligência conforme descrito por Baines *et al.* (2009). Além dessa análise macro, as ofertas de valor foram destrinchadas em tipos mais granulares, incluindo a oferta de consultorias e serviços de engenharia como o desenvolvimento de novas aplicações ou a customização radical da oferta de valor. O resultado dessa análise encontra-se no gráfico da Figura 22.

Figura 22 - Oferta das *indtechs*



Fonte: Autoria própria (2021)

É interessante notar que 58,6% das *indtechs* trabalham somente com a oferta de suas tecnologias principais sem a prestação de serviços adicionais. Esse aspecto remete à necessidade inerente que as startups têm por escala e repetibilidade, tornando seu produto replicável a baixos custos. Por outro lado, 37,9% da amostra oferece serviços de consultoria ou serviços de engenharia, indicando que pode existir uma demanda latente do mercado por ofertas mais personalizadas ou então que essas empresas estão em processo de descoberta de seu produto ideal.

Foi conduzida uma análise das ofertas das *indtechs* avaliadas de acordo com a fase do ciclo de vida. Primeiramente, nota-se que as *indtechs* que estão em fase de operação apresentam a menor variedade de ofertas, concentrando-se na disponibilização de soluções baseadas em hardware e software (50%) e somente de software (37,5%). Isso pode ser explicado pela teoria exposta no tópico 2.2.5 já que essas empresas buscam encontrar o seu MVP e estão validando o produto. Esse

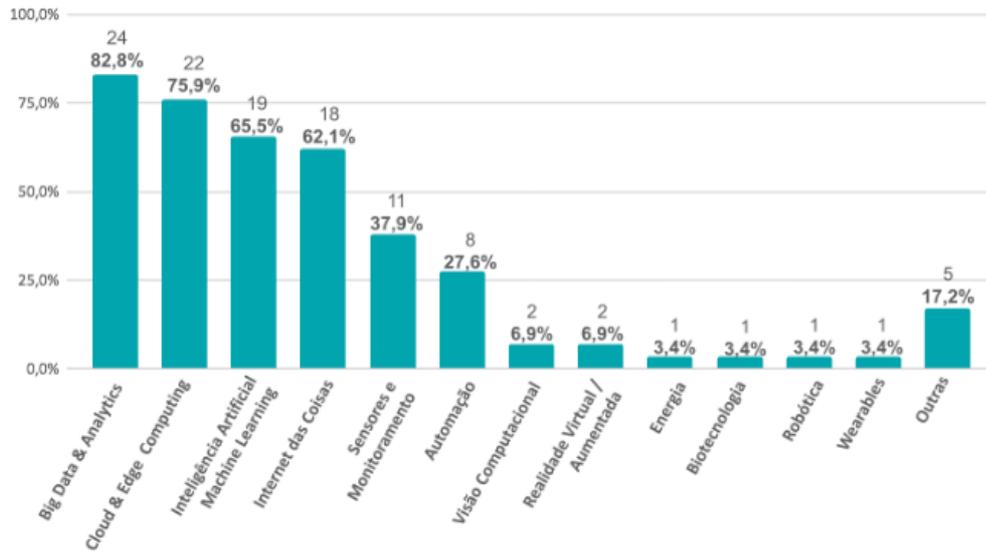
público é o que menos oferece serviços de consultoria, o que pode ser considerada como uma decisão para focar os esforços e recursos na construção de seu produto.

As *indtechs* que estão na fase de tração apresentaram a maior variedade de ofertas. Observou-se que 33,3% dessa amostra comercializa hardwares e softwares, 16,7% oferece somente softwares, 25% trabalha com alguma das duas soluções e com consultoria, 16,7% oferece hardwares, softwares e serviços de engenharia e 8,3% têm outras propostas. Assim, percebe-se que as empresas desse grupo estão testando diversas formas de comercializar o produto, o que faz sentido considerando que elas estão em busca de ajustar o seu PMF.

O último grupo, das *indtechs* em fase de escala oferece majoritariamente (55,5%) serviços com consultoria. Esse aspecto pode ser entendido com base no conhecimento e experiência adquiridos pela empresa em sua trajetória e na necessidade de acompanhamento dos clientes para garantir a implementação da solução. As *indtechs* em escala também oferecem soluções de hardware e software (33,3%) e somente de software (11,1%). É interessante notar que esse público não oferece serviços de engenharia tão pouco outras possibilidades mais diferenciadas. Essas escolhas fazem sentido quando se considera que essas empresas buscam essencialmente escala e replicabilidade de sua oferta de valor.

Além de compreender a base da oferta de valor o referencial teórico apresentado explica a importância das tecnologias para processos de disrupção de mercado. Assim, considerou-se importante analisar as tecnologias da Indústria 4.0 ofertadas por essas *indtechs*. Primeiramente, elaborou-se o gráfico da Figura 23 que ilustra um panorama geral sobre a frequência das tecnologias aplicadas em toda a amostra.

Figura 23 - Utilização de tecnologias da Indústria 4.0

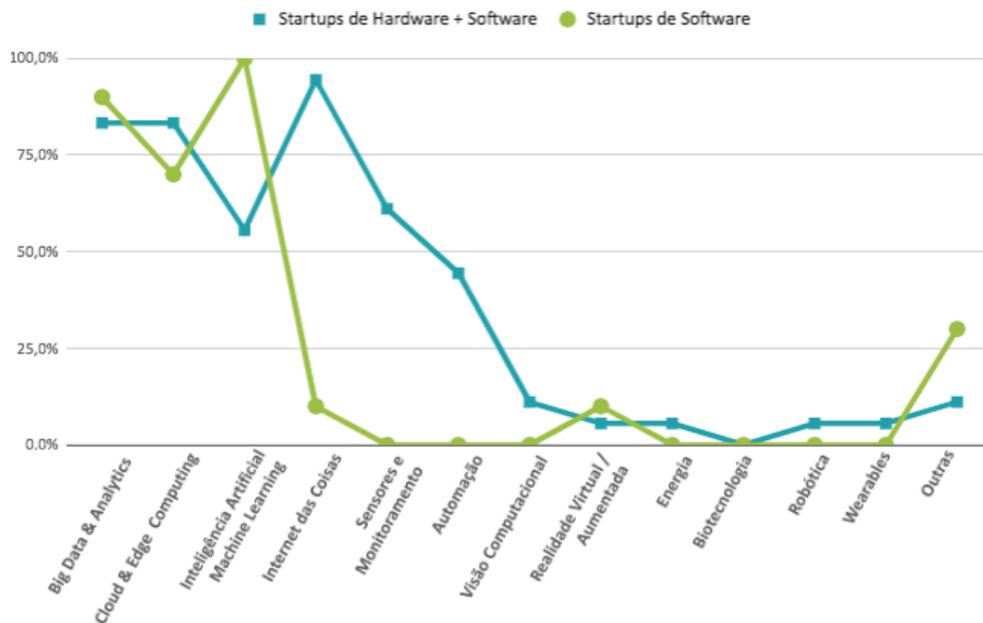


Fonte: Autoria própria (2021)

É perceptível que o *Big Data* e *Analytics* são pilares essenciais para a grande maioria das *indtechs* analisadas, confirmando o poder dessas tecnologias para diversas aplicações. Em seguida, percebe-se a computação em nuvem como tecnologia muito aplicada uma vez que apoia a entrega de sistemas, um canal de entrega vital para a oferta de valor das *indtechs*. Em seguida, percebe-se o destaque para as tecnologias de IA e ML, e IoT como terceiro e quarto maior uso, respectivamente. Nota-se também, o pequeno uso de tecnologias como Visão Computacional, Realidade Virtual e aumentada, energia, biotecnologia, robótica e wearables indicando que ainda são tecnologias pouco exploradas pelas *indtechs* avaliadas.

Para investigar mais a fundo as diferenças entre a aplicação dessas tecnologias foi desenvolvido o gráfico da Figura 24 que apresenta a frequência relativa do uso das tecnologias da Indústria 4.0 em *indtechs* de Hardware e de Software separadamente.

Figura 24 - Utilização de tecnologias da Indústria 4.0 em startups de Hardware e Software



Fonte: Autoria própria (2021)

Conforme esperado, fica evidente que as *indtechs* que atuam com Hardware possuem maior aplicação de IoT, sensores e também de automação, tecnologias que apoiam a entrega de um CPS. Por outro lado, empresas de Software focam sua oferta em tecnologias de análise de dados, utilizando de forma mais intensiva tecnologias como a Inteligência Artificial e o *Machine Learning*.

Durante a entrevista, além de abordar as tecnologias aplicadas, também foi perguntado aos executivos o motivo dessas escolhas que se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 - Estrutura de dados sobre a escolha de tecnologias

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Necessidade do Produto	15	47%	Escolha de tecnologias por demandas de mercado	20	63%
Oportunidade de mercado	5	16%			
Maturidade e viabilidade	5	16%	Escolha de tecnologias pela sua maturidade e abrangência	7	22%
Tecnologias habilitadoras	2	6%			
Escolha da tecnologia por conhecimento do time	3	9%	Escolha de tecnologias pela experiência do time	5	16%
Escolha da tecnologia pela experiência dos fundadores	2	6%			

Fonte: Autoria própria (2021)

A grande maioria informou que a escolha tecnológica se deu pela necessidade do produto, resumido bem pelas seguintes declarações: “escolhemos as tecnologias

pela necessidade do produto, para entregar o que o cliente precisava”, “utilizamos as tecnologias que precisamos para resolver problemas”, “escolhemos utilizar essas tecnologias baseadas nos requisitos e escopo”. Também foi citado que a oportunidade de mercado como “tecnologias que tem menos concorrência”, a identificação de um “nicho muito novo onde conseguiriam sair na frente” e a identificação de tecnologias estrangeiras que poderiam ser aplicadas no Brasil foram motivos das escolhas tecnológicas.

Em segundo lugar, a motivação para essa escolha foi citada como a maturidade e abrangência das tecnologias. Os pesquisados citaram principalmente a preferência por “tecnologias maduras no mercado e acessíveis”, “tecnologias simples e confiáveis” e “com um custo benefício adequado”. Assim, percebe-se uma preferência por tecnologias que já são adotadas no mercado e possuem um custo acessível. Outro motivo para essa escolha é o oferecimento de tecnologias habilitadoras, transversais e flexíveis. Por fim, as *indtechs* definem suas tecnologias com base nos conhecimentos do time e na experiência dos fundadores.

Durante a conversa, os empreendedores abordaram diversas vezes a temática da padronização ou customização dos produtos. Enquanto a padronização pode ser vista como uma forma de ganhar escala, a customização pode ser uma alternativa para atender melhor ao cliente e fornecer uma solução mais ajustada às suas necessidades. De forma geral, as empresas adotam essas duas abordagens, conforme ilustrado na árvore de códigos da Tabela 4.

Tabela 4 - Estrutura de dados sobre padronização e customização

<b>Temas de 2ª ordem</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>	<b>Dimensões agregadas</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>
Produto com baixo nível de customização	11	32%	Oferta de produtos padronizados e modulares	27	79%
Produto padronizado	9	26%			
Produto com diversos módulos	7	21%			
Produto com alta customização	5	15%	Oferta de produtos customizáveis	7	21%
Projetos de desenvolvimento altamente customizados	2	6%			

Fonte: Autoria própria (2021)

A grande maioria das *indtechs* analisadas oferece produtos mais padronizados e modulares com baixa customização. Acredita-se que essa escolha seja feita para tornar a oferta mais escalável e de custo menor. Conforme informado na Tabela 4,

existe uma oferta relevante de produtos padronizados, onde o hardware, software e os serviços são iguais para todos os públicos e clientes. A venda de produtos modulares também é citada diversas vezes, sendo vista como uma forma de tornar a oferta mais variável, para poder “aplicar o produto em diversos cenários e empresas”, sem a necessidade de customização. Assim, existem soluções prontas e diversas para atender ao cliente. Contudo, foi relatado que as *indtechs* consideram importante ter um pouco de flexibilidade nessas soluções desde que sejam ajustes pequenos e que não demandem muitos recursos para serem realizados, preferencialmente sendo ajustes realizados pelos próprios clientes. Por isso, grande parte das ofertas possibilita a baixa customização da solução, como configurações, sistemas de comunicações e aspectos visuais do software.

Por outro lado, algumas *indtechs* analisadas oferecem produtos e serviços altamente customizados e realizam a modificação do produto por projeto, onde o “time desenha o projeto, customiza e adequa o quanto for necessário”, “é feita a customização ao processo do cliente para entregar a tecnologia adaptada”, outras empresas até constroem “a solução com base no que o cliente quer descobrir”. Assim, é possível visualizar que uma pequena parte da amostra enxerga uma oportunidade de mercado com a entrega de soluções específicas de alto valor agregado.

Para atender aos seus respectivos públicos-alvo as *indtechs* se fortalecem com os mais diversos diferenciais. Ao longo da entrevista, foram anotados todos os pontos descritos pelos executivos, e assim, elaborou-se uma árvore de códigos indutiva sobre diferenciação das empresas avaliadas, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estrutura de dados sobre diferenciais

<b>Temas de 2ª ordem</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>	<b>Dimensões agregadas</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>
Entrega de resultados	19	16%	Confiabilidade da solução	35	30%
Capacidades do time	12	10%			
Reputação	4	3%			
Flexibilidade da solução	18	15%	Facilidade de adoção da tecnologia	34	29%
Redução da barreira de entrada de implementação	9	8%			
Redução da barreira de entrada custo	7	6%			
Atendimento ao cliente	13	11%	Usabilidade da solução	31	26%
Simplicidade da solução	9	8%			
Fornecimento de informações gerenciais	5	4%			

Realiza previsões	4	3%		
Aplicação tecnológica	6	5%		
Solução única	6	5%		
Tecnologia Brasileira	3	3%	Diferencial tecnológico	17 15%
Adaptação da tecnologia à realidade do chão de fábrica	2	2%		

Fonte: Autoria própria (2021)

Um aspecto surpreendente sobre a descrição dos diferenciais foi a importância dada para a entrega de resultados e para a confiabilidade da solução. Percebeu-se que as *indtechs* valorizam muito o foco em resultados caracterizado com frases como: “entregar algo aplicável e que funciona”, “tirar a dor do cliente”, “resolver problemas”. As *indtechs* também valorizam o “time qualificado”, “time altamente especializado”, criando “diferenciais construídos pelas pessoas do time e a cultura da empresa”. Os empreendedores também citam a importância das *indtechs* serem reconhecidas no mercado e de trazer credibilidade a partir de sua associação com empresas de renome. De forma geral, fica evidente que as *indtechs* se preocupam em estruturar um time capaz de resolver desafios técnicos e de negócios, que conheça a indústria e tenha foco na entrega de resultados e resolução de problemas. Esse ponto aliado à reputação positiva no mercado lhes dá um diferencial de confiabilidade na solução.

A segunda dimensão mais citada foi a de facilidade de adoção da tecnologia. Nesse sentido, a flexibilidade da solução é destacada. Esse diferencial se baseia principalmente em produtos versáteis, modulares, com funcionalidades abrangentes e que permitem que o cliente altere configurações e realize customizações básicas. O destaque dado para esse diferencial de flexibilidade converge com a visão apresentada pela Tabela 4 onde a maioria das *indtechs* oferece produtos com essas características. Para facilitar a adoção da tecnologia as *indtechs* também procuram reduzir a barreira de implementação e de custos oferecendo “treinamentos de implementação e acompanhamento”, “equipamentos que o cliente instala, *plug and play*”, equipamentos com “implementação rápida e fácil”, “soluções com custo muito competitivo” ou “não cobrar os equipamentos e a instalação é barata”.

Outro diferencial que recebeu destaque no estudo foi a usabilidade da solução. Nesse sentido, o aspecto mais citado foi o atendimento ao cliente. Esse resultado já era esperado uma vez que mais de 80% das *indtechs* têm atendimento pessoal

dedicado por cliente. Dentre os diferenciais de atendimento citados, os entrevistados abordaram: “entregar soluções de ponta a ponta”, “dar suporte e ter proximidade com os clientes”, “tirar dúvidas, ver se o cliente está usando a plataforma”, “oferecer mais que suporte, tem trabalho de apoio, acompanhamento e análise de dados”, “capacitação dos clientes é o diferencial, gera menos dúvidas e chamados no suporte, além de curva de aprendizado maior”, “colocar o cliente no centro do negócio”. Esse diferencial se mostra especialmente importante quando consideramos as dificuldades culturais profundas e a baixa digitalização encontradas nesse público-alvo. Assim, o atendimento ao cliente é fundamental para garantir a implementação e o uso correto da solução para entregar os resultados almejados.

Para garantir a usabilidade da solução as *indtechs* procuram oferecer soluções simples, com “pouca burocracia”, “ferramentas intuitivas”, “plataformas com alta usabilidade” e “integração de sistemas” para simplificar a digitalização da indústria. O fornecimento de informações gerenciais em tempo real e a realização de previsões também são vistas como maneiras de alcançar essa simplicidade já que auxiliam na tomada de decisão e trazem informações relevantes para os gestores.

O quarto diferencial em destaque é tecnológico que se baseia principalmente na aplicação tecnológica e na entrega de uma solução única. Os pesquisados comentaram principalmente sobre o oferecimento de soluções com “tecnologias de ponta”, “inovadoras e inteligentes” que “não podem ser encontradas em outros lugares do mundo”. Além disso, eles citam o diferencial de oferecer tecnologia brasileira e a adaptação das tecnologias da Indústria 4.0 à realidade do chão de fábrica.

Esses diferenciais são especialmente interessantes quando analisados à luz da teoria descrita por Moore (2014) e Christensen (1997) abordada na seção 3.2.3. A partir desses conceitos e da Tabela 5 é possível visualizar que as *indtechs* avaliadas estão dando maior foco para a aplicação tecnológica com diferenciais de mercado. Por isso, a valorização majoritária de aspectos como a confiabilidade da solução, facilidade de adoção e usabilidade. De acordo com a teoria exposta pelos autores, esses diferenciais são destacados quando já existem dois ou mais produtos que satisfazem as necessidades por funcionalidades do público-alvo. Nesse estágio, a tecnologia seria adotada pelo público-alvo pragmático, que representa a maioria inicial do segmento. Esses fatores podem indicar que as tecnologias 4.0 estão sendo

adotadas em uma trajetória de crescimento exponencial pelo público-alvo industrial, o que seria uma grande oportunidade de mercado para as *indtechs*.

Por outro lado, existe uma minoria das *indtechs* que valoriza diferenciais tecnológicos e de funcionalidades. Esse grupo de *indtechs* pode estar atuando com o desenvolvimento tecnológico de soluções mais inéditas no mercado, onde ainda não existem ofertas que satisfaçam os requisitos funcionais do público-alvo. Nesse estágio, as empresas atendem principalmente ao público de visionários e entusiastas, indicando que a tecnologia ainda está sendo consolidada e conseqüentemente com maiores riscos de insucesso.

Após traçar um panorama geral sobre a composição da oferta de valor e as tecnologias aplicadas para a execução dessa proposta foram analisados os benefícios proporcionados pelas soluções das *indtechs*. Foi criada uma árvore indutiva de códigos, apresentada na Tabela 6, para sintetizar esses ganhos e entender de forma mais ampla o valor gerado por essas startups.

Tabela 6 - Estrutura de dados sobre resultados e benefícios gerados

<b>Temas de 2ª ordem</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>	<b>Dimensões agregadas</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>
Aumento de produtividade	18	16%	Soluções que buscam tornar as operações mais produtivas	30	27%
Aumento de eficiência	12	11%			
Redução de custos	17	15%	Soluções que atuam na redução de desperdícios	30	27%
Otimização de tempo	7	6%			
Aumento de qualidade	6	5%			
Gerar informações para a tomada de decisão	14	13%	Soluções que apoiam os gestores	30	27%
Sistemas que apoiam na gestão operacional	11	10%			
Facilita o trabalho	4	4%			
Qualidade das análises fornecidas	1	1%			
Traz mais segurança à operação	11	10%	Soluções ajudam a tornar as operações mais sustentáveis	21	19%
Torna a operação mais sustentável	10	9%			

Fonte: Autoria própria (2021)

O panorama geral obtido é que as *indtechs* focam em quatro benefícios principais gerados: aumento da produtividade das operações, redução de custos, geração de informações para a tomada de decisão e tornar as operações mais seguras e sustentáveis. Considerando todos esses benefícios gerados comprova-se

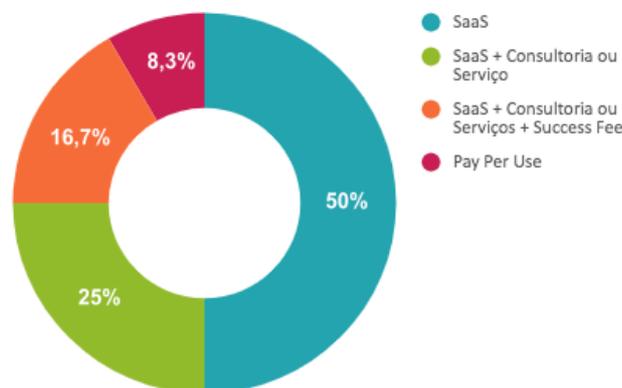
que de fato essas empresas podem ter um impacto significativo para a indústria brasileira e representam um grande potencial de mercado para ser explorado.

#### 4.5 Monetização das *indtechs*

O referencial teórico aborda a importância de entender como a empresa faz dinheiro para caracterizar o seu modelo de negócios. Müller, Buliga e Vogit (2018) descrevem que a captura de valor, além de abordar os clientes e público-alvo também envolve as interações com os clientes e métodos de pagamento. Assim, um dos pontos analisados no estudo foi a forma de monetização utilizada pelas empresas. Como verificou-se que as ofertas tecnológicas eram bastante diferentes entre as *indtechs* de Hardware e as de Software, os modelos de receita foram separados entre esses dois públicos.

Dentre as *indtechs* de Software a maioria utiliza o modelo de receita Software as a Service (SaaS). Metade da amostra oferece somente esse serviço, onde o acesso ao produto é liberado a partir de uma taxa cobrada periodicamente, assim, o acesso ao sistema é o serviço prestado pela empresa. Um quarto da amostra (25%) das *indtechs* de Software também oferece algum serviço ou consultoria, além do SaaS. Uma particularidade encontrada nesse público foi a do *Success Fee*, uma forma de monetização onde a startup ganha um percentual a partir dos resultados atingidos. Por fim, uma startup avaliada utiliza o sistema *Pay Per Use* onde o cliente paga de acordo com as análises e importações de dados necessários, que são feitas pela equipe da empresa. O resultado dessa análise encontra-se no gráfico da Figura 25.

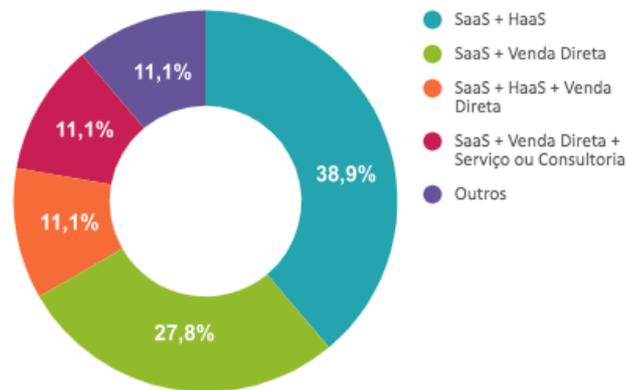
Figura 25 - Modelos de receita das *indtechs* de software



Fonte: Autoria própria (2021)

O cenário das *indtechs* de Hardware tem um comportamento parecido com a adoção predominante do SaaS para acesso às plataformas. Para esse público, percebeu-se uma diferença entre a oferta de Hardwares como uma Venda Direta, onde a propriedade do equipamento passa a ser do cliente e o modelo *Hardware as a Service* (Haas) onde o equipamento é da *indtech* e é alugado ou cedido ao cliente em um modelo típico de PSS. O modelo HaaS é interessante pois permite a atualização tecnológica do equipamento e reduz as barreiras de entrada para os clientes. Dentre as *indtechs* analisadas 38,9% oferecem seus produtos em modelo HaaS, 27,8% oferecem Venda Direta dos equipamentos e 11,1% oferecem ambas as opções conforme visualizado no gráfico da Figura 26.

Figura 26 - Modelos de receita das *indtechs* de hardware



Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4.6 Parcerias

A importância das empresas que arriscam e apoiam as *indtechs* é enorme. Várias das *indtechs* participantes do estudo atribuíram grande peso às parcerias estabelecidas com empresas para o desenvolvimento de seus produtos e geração de casos de sucesso. Algumas *indtechs* desenvolveram seus produtos a partir de demandas de indústrias como a Gerdau e a Aurora Alimentos. Outras contaram com o apoio da Vale para o aprimoramento do produto ou possuem “soluções desenvolvidas em parceria com a Embraer, Cisco e Gerdau, Renault, CSN e Ambev”. Outros casos de sucesso citados são a adoção das soluções por empresas de renome como a Vale, Gerdau, Scania, BASF, Eurofarma, Natura e Ambev gerando um histórico de impacto e argumentos de venda valiosos.

Outro tipo de relação interessante é o de compra das *indtechs* por grandes empresas de tecnologia. Esse tipo de movimento já foi previsto em estudos como o da McKinsey & Company (2019a), e a pesquisa evidenciou essa tendência na amostra analisada onde duas *indtechs* foram adquiridas pela WEG, empresa brasileira de máquinas elétricas. Nesse contexto, a WEG busca ampliar sua atuação no ecossistema digital de soluções industriais com foco em análise de dados e a aquisição de ambas *indtechs* permitem a oferta de soluções de Inteligência Artificial aplicada para complementar a sua nova plataforma IoT lançada para atender às demandas da Indústria 4.0. Para as *indtechs*, essa parceria traz maior credibilidade, aspecto muito valorizado pelo mercado e assim, as jovens empresas esperam aprender e ganhar maior escala com essa fusão.

Considerando que mais de 60% das *indtechs* da amostra são de hardware, outro tipo de parceria muito comentada nas entrevistas foi a parceria com fornecedores de componentes e de equipamentos. Sobre esse assunto, somente uma das *indtechs* disse preferir fabricar os equipamentos para garantir a qualidade da tecnologia. As demais, comentaram sobre o desejo de aumentar a sua terceirização ou de mantê-la para evitar os desafios e “dores de cabeça” de se produzir o hardware como elevados custos e tempo de desenvolvimento, desafios técnicos e logísticos. A Tabela 7 resume a árvore de códigos indutiva criada sobre esse tema.

Tabela 7 - Estrutura de dados sobre parcerias para o fornecimento de hardware

Conceitos de 1ª ordem	Freq	Temas de 2ª ordem		%	Dimensão agregada
		Freq			
Hardwares são terceirizados, homologaram 4 ou 5 fabricantes por conta da crise de semicondutores	1				
Eles não fabricam hardware, parceiros fabricam IoT	1				
Hardware desenvolvido por eles, e terceirizam a fabricação e montagem	1	Fabricação do hardware terceirizada	6	55%	Parcerias para o fornecimento de hardware
Hardware é deles, parceiro produz o hardware	1				
Hardware é projeto deles, terceirizam a fabricação do hardware	1				
Hardware é projeto desenvolvido para eles, mas de outra empresa	1				

Usam hardware de mercado porque tem que ser de alta qualidade para não danificar o equipamento, fazer é muita dor de cabeça	1	Oferta de hardware de mercado	4	36%
Software é deles, hardware é de parceiros	1			
Hardware de parceiros (grandes marcas como ABB, Schneider, Siemens...)	1			
Hardware comprado pronto	1			
Parceiro fabrica telas de borracha com sensores	1	Parte do produto fabricado por terceiros	1	9%

Fonte: Autoria própria (2021)

Percebe-se que várias *indtechs* preferem oferecer equipamentos de mercado ou de grandes parceiros. Os motivos para essa decisão foram citados como principalmente a qualidade assegurada por soluções amplamente testadas e certificadas e a facilidade de não ter que onerar a operação com a fabricação de equipamentos tão delicados e que envolvem diversas complexidades de mercado como falta de componentes, atrasos e taxas de importação. Várias empresas também optaram por desenvolver o seu hardware, mas terceirizar a sua fabricação, assim, podem adicionar inteligência ao produto e deter o conhecimento sobre seu funcionamento sem os desafios envolvidos na sua fabricação. De maneira geral, percebe-se a satisfação com esse serviço já que a maioria absoluta pretende manter ou adotar essa estratégia. Contudo, existem oportunidades de melhoria como o aumento da qualidade desses fabricantes, a redução dos prazos e de custos.

Uma *indtech* que trabalha com uma solução de eficiência energética se destacou quanto a suas parcerias e o valor estratégico que ela obtém através de sua rede de valor. Essa *indtech* terceiriza a produção de seus hardwares, porém, ela usa essa parceria como uma relação de colaboração. Nesse sentido, a *indtech* criou o equipamento e se responsabiliza pelo canal de vendas enquanto os fabricantes se responsabilizam pela produção, manutenção, logística reversa e atualização dos hardwares, uma vez que os equipamentos são de propriedade dos fabricantes, mas são alugados para os clientes da *indtech*.

Essa relação traz inúmeros benefícios como um elevado nível de serviço, o desenvolvimento de hardwares que são otimizáveis e a atualização tecnológica do produto. Assim, o equipamento torna-se mais moderno, flexível, tem um custo menor

e gera menos descarte tornando toda a cadeia mais limpa. Com essa dinâmica a *indtech* pode se concentrar no seu software e o produto possui uma maior vida útil.

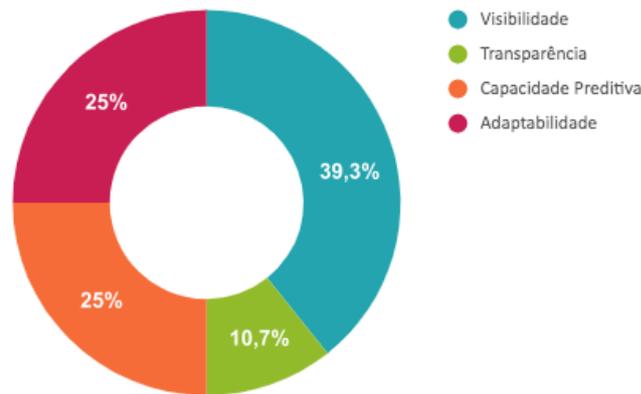
#### **4.7 Contribuições das *indtechs* para a implementação da Indústria 4.0**

O presente estudo tem como interesse avaliar a contribuição das *indtechs* para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 em empresas brasileiras. Assim, além do que já foi exposto anteriormente, considerou-se importante dedicar uma subseção especificamente para essas contribuições.

Para compreender melhor a oferta das empresas e o seu impacto na transformação digital da indústria foi necessário entender as funcionalidades entregues pelos sistemas, suas particularidades e os ganhos oferecidos aos clientes. As ofertas foram separadas nos quatro estágios da Indústria 4.0 de acordo com o resultado atingido com a sua implementação nas empresas. Essa classificação foi realizada conforme os critérios descritos por Schuh *et al.* (2020).

Assim, percebe-se que parte expressiva da amostra (39,3%) trabalha com soluções de visibilidade, trazendo informações gerenciais sobre o chão de fábrica e os processos operacionais realizados. A alta concentração de *indtechs* com essa oferta é coerente com o cenário de baixa industrialização e pouca maturidade digital encontrado nas indústrias brasileiras. Assim, existe uma demanda maior por soluções mais básicas e estruturantes conforme refletido no gráfico da Figura 27. Nota-se também que um quarto da amostra oferece soluções de capacidade preditiva, entregando os benefícios dos estágios anteriores do processo evolutivo da Indústria 4.0 além de previsões sobre os processos monitorados. Outro quarto da amostra trabalha com adaptabilidade, gerando respostas autônomas e auxiliando na auto otimização e automação do processo.

Figura 27 - Contribuição para a evolução para a Indústria 4.0



Fonte: Autoria própria (2021)

Além dessa análise quantitativa, foi elaborada uma árvore de códigos indutiva ilustrada na Tabela 8 que resume os mais de 90 pontos citados sobre como as *indtechs* analisadas apoiam a transformação da indústria rumo à quarta revolução industrial.

Tabela 8 - Estrutura de dados sobre contribuição para a implementação da Indústria 4.0

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Apoia a digitalização das empresas	21	22%			
Auxiliam a implementar a Indústria 4.0 pela aplicação de tecnologias inovadoras	9	10%	Aceleram a adoção de tecnologias da Indústria 4.0	37	39%
Oferecem soluções para adotar tecnologias da Indústria 4.0	7	7%			
Possibilitam acesso a informações para a tomada de decisão	11	12%			
Ajudam a tornar empresas mais eficientes	8	9%	Proporcionam ganhos gerenciais, de produtividade e de qualidade	22	23%
Auxilia na automatização de processos	2	2%			
Auxilia a trazer mais segurança para o ambiente de trabalho	1	1%			
Trazendo visibilidade para a Indústria 4.0	8	9%			
Apoiam a transformação cultural necessária para adotar as tecnologias 4.0	8	9%	Contribuem para a transformação educacional e cultural necessária para a implementação da Indústria 4.0	20	21%
Auxiliam na implementação das soluções	2	2%			
Geram recursos humanos qualificados	2	2%			
Traz simplicidade para a implementação da Indústria 4.0	7	7%			
Implementam soluções 4.0 a um custo acessível	5	5%	Democratizam o acesso a soluções 4.0	15	16%
Implementam soluções 4.0 com tecnologia brasileira	3	3%			

Fonte: Autoria própria (2021)

Os empreendedores enxergam que as *indtechs* contribuem para a implementação da Indústria 4.0 principalmente fornecendo “tecnologias habilitadoras. As indústrias precisam de visibilidade, conectividade e computadorização que ainda faltam em muitas empresas”. Assim, o principal valor percebido é apoiar a indústria nessa transição entre a digitalização e a Indústria 4.0 a partir da adoção dessas tecnologias.

A grande maioria dos entrevistados cita que a digitalização de processos e a conexão da indústria para coleta de dados e monitoramento aceleram o processo de transição para a Indústria 4.0. A constatação de que a grande maioria vê valor nesse papel fica evidente quando consideramos que, conforme ilustrado no gráfico da Figura 27, quase 40% da amostra fornece soluções de visibilidade, indicando que realmente há uma demanda por essa transformação inicial que envolve a coleta de dados, a modernização de processos e a conexão de máquinas.

O segundo grande pilar de ganhos gerados são as informações gerenciais disponibilizadas, ganhos de produtividade e de qualidade. Dentro dessa dimensão agregada, o aspecto mais citado é a transformação de dados em inteligência, informações que podem ser úteis para a tomada de decisão, que configura o primeiro passo para a transformação da Indústria 4.0 (SCHUH *et al.*, 2020). Portanto, essas soluções estão proporcionando o primeiro estágio nesse processo de transformação radical para seus clientes. A disponibilidade de dados gerenciais é vista como uma oportunidade de aumentar a eficiência operacional a partir da gestão de processos e de recursos. Dentre os resultados esperados as *indtechs* citam a redução de desperdícios e do lead time, a redução de custos e tornar as operações mais sustentáveis e eficientes.

A terceira maior contribuição é considerada o apoio necessário para a transformação cultural e educacional da sociedade, principalmente trazendo visibilidade para soluções 4.0 e provocar mudanças de mentalidade dos profissionais. As *indtechs* analisadas explicam que podem trazer atenção e interesse ao tema de diversas maneiras como: “campanhas de *marketing*”, “envolvimento em iniciativas como palestras, divulgações, consultorias, trabalhos em grupos, guias e projetos piloto”, serem os “únicos em rankings do ramo”, “participando de comunidades que falam sobre o tema”, realizando o “trabalho de desenvolver a comunidade com aulas,

palestras e eventos para os mais diversos públicos e assuntos”. Essencialmente, são programas de capacitação e de divulgação que farão com que os trabalhadores, gestores e diretores conheçam mais sobre essas possibilidades e se aproximem da realidade 4.0.

As *indtechs* também mostraram grande preocupação com a transformação cultural dos operadores. A “Indústria 4.0 não é só máquinas, são pessoas, processos e ativos” é preciso fazer “um nivelamento para o trabalho 4.0, implementando uma nova forma de trabalhar”. Os empreendedores enxergam que as *indtechs* “mexem com a base, com o ser humano da ponta, pessoas essenciais no processo”.

De acordo com os empresários entrevistados, o quarto maior pilar de atuação das *indtechs* nessa transformação é na democratização do acesso a tecnologias da Indústria 4.0. De maneira geral, as *indtechs* estudadas buscam oferecer soluções com implementação simples e alta usabilidade a um custo acessível para que as indústrias brasileiras possam usufruir dessas tecnologias e de seus resultados. Dessa forma, ao facilitar a adoção de tecnologias 4.0 elas esperam “quebrar um pouco o medo das pessoas pelo contato com essa tecnologia e assim, facilitar a entrada de outras tecnologias”.

Com mais acesso a essas tecnologias espera-se principalmente, que as pessoas passem a conhecer mais e enxergar o valor dessas inovações. Essa mudança cultural é essencial pois sem as pessoas esse processo evolutivo não acontecerá. Com a adoção dessas tecnologias as empresas poderão alcançar patamares de operação mais produtivos e eficientes apoiando sua competitividade. Assim, imagina-se que haverá uma maior abertura para mudanças que têm o potencial de revolucionar a competitividade da indústria brasileira.

O presente estudo, com mais de 30 horas de entrevistas com *indtechs* de todo o Brasil e com as mais diversas ofertas, permite concluir que as *indtechs* estão impactando o cenário industrial e apoiando na implementação de tecnologias inovadoras. Embora seja um processo complexo, elas trazem ganhos significativos como o apoio na adoção dessas novas tecnologias. A partir da criação de ofertas acessíveis para todos os tipos de empresa, do apoio ao cliente e do fornecimento de informações gerenciais, elas permitem ganhos operacionais e apoiam a transformação cultural necessária para essa nova era industrial. Assim, as *indtechs*

podem ser consideradas organizações importantes nessa nova revolução industrial atuando como “a ponta da lança, que inicia a transformação da indústria”.

#### 4.8 Desafios e oportunidades das *indtechs*

Para entender de forma mais profunda as escolhas, estratégias e restrições das *indtechs* é necessário compreender mais sobre a demanda do mercado e os desafios enfrentados por essas empresas. Por isso, foi elaborada uma árvore de códigos indutiva sobre esse assunto, que reuniu aproximadamente 200 linhas de código. Serão apresentados abaixo, na Tabela 9, os temas de segunda ordem e dimensões agregadas para sintetizar os principais desafios que as empresas entrevistadas encontram para implementar com sucesso seus modelos de negócio.

Tabela 9 - Estrutura de dados sobre desafios enfrentados

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Cultura inflexível	19	9%			
Aversão a risco da indústria	14	7%	Falta de abertura da indústria para adoção de novas tecnologias	50	24%
Falta de percepção de valor	11	5%			
Falta de cultura de investimento em tecnologia	5	2%			
Baixa tolerância a erros	1	0%			
Falta de maturidade digital	21	10%	Falta de infraestrutura básica para a adoção de tecnologias da Indústria 4.0	41	20%
Burocracias e ineficiências de processos industriais	12	6%			
Subutilização de dados	7	3%			
Maquinário obsoleto	1	0%			
Desafios de vendas	14	7%	Desafios de escala	26	13%
Desafio de escalabilidade	10	5%			
Cliente precisa de apoio e customização	2	1%			
Desafios de conexão na indústria	8	4%	Barreira de entrada de implementação da tecnologia	19	9%
Complexidade dos processos de integração	6	3%			
Desafios de segurança	5	2%			
Barreira de conhecimento dos clientes	8	4%	Barreira de conhecimento	17	8%
Barreira de conhecimento sobre Indústria 4.0	4	2%			
Barreiras de conhecimento dos operadores do chão de fábrica	4	2%			
Desconhecimento sobre soluções	1	0%			

Falta de mão de obra qualificada	13	6%			
Desafio de lidar com tecnologias novas	3	1%	Desafios de domínio da tecnologia	17	8%
Desafio de lidar com a grande quantidade de dados	1	0%			
Custos elevados	7	3%	Barreira de entrada de custo	12	6%
Custos de importação	3	1%			
Custos de P&D	2	1%			
Desafios logísticos	4	2%	Desafios de entregar uma solução envolvendo hardware	12	6%
Baixa qualidade de fornecedores de hardware	3	1%			
Desafios técnicos	3	1%			
Custos elevados	1	0%			
Elevado tempo de desenvolvimento	1	0%			
Falta de políticas de incentivo	4	2%	Ecossistema hostil para inovação	11	5%
Falta de ambiente colaborativo	3	1%			
Trâmites legais e burocracia	3	1%			
Investidores pressionam por resultados a curto prazo	1	0%			

Fonte: Autoria própria (2021)

Após a leitura da Tabela 9 fica evidente que as *indtechs* enfrentam um mercado complexo e repleto de desafios. O principal deles é a falta de abertura das indústrias para a adoção de novas tecnologias, especialmente para a contratação de startups. Os três principais motivos para isso são: a cultura inflexível das organizações, a aversão ao risco e a falta de percepção de valor dessas soluções. As organizações industriais foram descritas como: “clientes com barreiras culturais muito grandes, resistência ao novo e à mudança”, “indústrias são fechadas, não querem se modernizar”, repletas de “conservadorismo e falta de flexibilidade”.

Somada a essa cultura inflexível e conservadora, está a aversão aos riscos. Muitos gestores pensam da seguinte maneira: “se funciona, então deixa”, “pra que tomar riscos se todos compram o que é normal?”. Esses medos e aversão à inovação foram descritos por Christensen (1997) como o sentimento de que investir em tecnologias disruptivas é ilógico pois não se encaixa no modelo convencional de gestão empresarial. Tradicionalmente, o plano de ação para aumentar os lucros é a redução de custos, e conseqüentemente cortes em investimentos como P&D. Nessas organizações, a tomada de decisão sobre novos investimentos costuma ser baseada

em projeções sólidas e histórico de resultados para contratação de novos projetos. Como a adoção dessas tecnologias requer investimentos e riscos de retorno, esse público tem dificuldade para enxergar o valor da oferta das *indtechs*. Afinal de contas, são organizações novas, muitas vezes em fase de teste, oferecendo soluções digitais desconhecidas do público em geral e com relativamente poucos casos de uso de sucesso.

Foi descrito pelos entrevistados que, por um lado, os gestores têm aversão ao risco com medo de que mudanças causem prejuízos para a operação. Por outro lado, os colaboradores têm medo de perderem seus empregos para as novas tecnologias. Os empresários comentaram também que a indústria sofre grande pressão por resultados e que algumas empresas ao descobrirem ineficiências e erros fazem uma “caça às bruxas” buscando a culpabilização. Assim, é gerada uma cultura de medo e resistência generalizada ao monitoramento e à implementação de novas tecnologias.

Alguns dos executivos que participaram da pesquisa relataram uma diferença cultural significativa entre as indústrias tradicionais e as startups. Esse fator foi elencado com um desafio pois enquanto as empresas possuem uma postura mais rígida, burocrática e avessa a riscos as startups possuem uma cultura mais flexível e horizontal. Parte importante da cultura de uma startup é a sua orientação para testagem e execução de melhorias rápidas conforme descrito por Eric Ries (2019). Assim, as *indtechs* navegam em um cenário de extrema incerteza a partir de testes rápidos, onde elas aceitam os erros em busca de acelerar sua curva de aprendizagem.

Todos esses fatores levam à desconfiança em novas soluções. Os gestores não entendem as vantagens geradas e por estarem acostumados com soluções mais tangíveis e amplamente testadas a percepção de valor das tecnologias da Indústria 4.0 diminui. Essa aversão ao risco gera resistência para a compra e torna o processo de implementação mais moroso, onde as *indtechs* oferecem provas de conceito como testes piloto em pequena escala e depois, caso o projeto seja bem sucedido, o cliente realiza a contratação e expansão do serviço. Em suma, a desconfiança e a aversão ao risco fazem com que a empresa não priorize a contratação das *indtechs*, gerando desafios de escala e de vendas para as startups.

Durante as entrevistas, os empreendedores relataram dificuldades de vendas como os longos ciclos de negociação que duram de dois a três meses ou até mesmo

de seis a 12 meses. De forma geral, o processo de vendas é considerado muito longo e ineficiente. Foi dito que, além de “ser uma venda muito consultiva, de alto valor agregado”, é necessário conhecer as pessoas certas, os tomadores de decisão da indústria. Muitas vezes, a venda se torna ainda mais complexa já que os clientes “não sabem que têm a dor e temos que gerar essa necessidade no cliente”.

O segundo maior desafio enfrentado é a falta de infraestrutura básica para a adoção de tecnologias da Indústria 4.0. As *indtechs* relataram que “as empresas não estão digitalizadas”, “a indústria ainda está saindo do papel ou do Excel”, “falta o fornecimento de dados em tempo real”. Foi comum ouvir dificuldades como essas, principalmente sobre a falta de dados e a falta de maturidade para utilizar tecnologias avançadas. Esse aspecto foi citado principalmente sobre a vertente cultural: “falta maturidade dos clientes, falta resiliência”, “é necessário mudar o paradigma das empresas, entender que elas podem sair do papel”.

Outro aspecto que prejudica a prontidão tecnológica da indústria são seus processos burocráticos e ineficientes. Foi relatado que existe uma “hierarquia muito pesada”, “empresas têm amarras, têm decisões colegiadas, é difícil tomar decisões” o que acaba prejudicando a sua capacidade de adaptação. Também foram explicitadas insatisfações com “os processos de cadastro e contratação que são muito engessados”, “os processos de compra e de venda são burocráticos e lentos”, “o processo de pagamento é muito quadrado, é difícil de receber”, “pode demorar de oito meses a um ano da venda para receber o dinheiro”. Esses “trâmites são longos e cansativos” e muitas vezes inviabilizam a atuação das startups pois elas “não têm dinheiro nem fôlego para enfrentar essas barreiras”.

De maneira geral, muitos relataram que as indústrias ainda estão na era 3.0, ou seja, elas ainda não têm a computadorização e a conectividade necessárias para adotar soluções 4.0. Esse fato é preocupante já que sem essa base computacional as soluções 4.0 não podem ser executadas. A avaliação geral é de que a “indústria está desatualizada e não tem maturidade para usar tecnologias de ponta”. Para agravar a situação, pelo que foi relatado, os processos de cadastro de fornecedor, negociação e pagamento são muito diferentes das necessidades das startups, criando dificuldades ainda maiores para essas parcerias.

O quarto maior desafio é o de implementação da tecnologia. Isso acontece principalmente em função da conexão de internet na indústria, onde muitas vezes o sinal não funciona, a conexão é de baixa qualidade ou instável. Os entrevistados também citam que existe uma grande complexidade nos processos de integração de sistemas, muitas vezes pela infraestrutura do cliente ou pela quantidade de “softwares que não se integram, complexidade de dados e políticas de segurança de dados dentro da indústria”. Eles relatam que “faltam padrões de integração” e como o “protocolo de comunicação das máquinas industriais é diferente” isso gera uma complexidade adicional. Por fim, eles relatam que “existe uma resistência do setor de TI e de segurança, eles puxam para trás”, “muitas vezes os clientes não liberam o wi-fi” e “trazem muitas restrições para implementar hardware”. Isso acontece para não oferecer risco à operação, mas também porque de acordo com um dos entrevistados “a área de TI e de segurança não são tão bem desenvolvidas e não estão prontas para migrar para a nuvem”, o que sugere um receio em perder relevância operacional nas empresas por parte do setor de TI.

Quando falamos sobre qualquer mudança tecnológica radical o conhecimento geralmente é uma barreira inicial, algo que deve ser cuidadosamente pensado para garantir a melhor adaptação e uso. As *indtechs* enfatizaram que um dos maiores desafios é o conhecimento, especialmente dos clientes, sobre a Indústria 4.0 e dos operadores do chão de fábrica. Eles relatam que esse aspecto faz com que eles tenham que “vender o produto várias vezes, para o diretor, gestor, para o chão de fábrica, tem que conscientizar e falar dos benefícios para cada um” o que torna o processo de venda e implementação mais complexo e longo. Foi dito que existe “pouco material sobre Indústria 4.0, é um assunto distante das pessoas e do trabalhador, as pessoas não conhecem a capacidade do que uma solução assim entrega”, talvez seja por esse motivo a grande dificuldade de implementação e de adoção dessas soluções.

Outro grande desafio citado foi o de falta de mão de obra qualificada para compor o time da *indtech*. De maneira geral, “faltam desenvolvedores e pessoas com conhecimento específico sobre essas tecnologias” e que “os conhecimentos e capacitações necessários são difíceis de achar no mercado” especialmente para soluções industriais. Um fator agravante é que as *indtechs* possuem cultura muito dinâmica e flexível, então “achar um colaborador técnico e com competências para

trabalhar em startup” pode ser um desafio ainda maior. Para contornar essa situação, a maioria das *indtechs* oferece capacitações internas e busca formar os seus colaboradores tecnicamente.

Durante a entrevista, foi perguntado o que os empresários poderiam sugerir para superar esses desafios. Então, criou-se uma árvore de código indutiva com essas ideias e planos de ação apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 - Estrutura de dados sobre oportunidades para superar desafios

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Participar de hubs de inovação	6	6%			
Iniciativas de incentivo governamental	6	6%			
Investimentos	5	5%			
Parcerias com órgãos de fomento	4	4%	Programas de estímulo e inovação em hélice tríplice	29	28%
Programas de inovação	4	4%			
Proximidade com a academia	2	2%			
Execução de ações em unindo empresas, academia e governo	1	1%			
Projetos estruturantes para a digitalização da indústria	1	1%			
Facilitar a instalação da solução	10	10%			
Instalação feita por clientes ou parceiros	6	6%	Redução de barreiras de entrada	27	26%
Redução dos custos de entrada	6	6%			
Tornar tecnologia mais flexível	3	3%			
Melhoria da usabilidade	2	2%			
Efeito dominó: quando uma empresa adota a nova tecnologia logo os concorrentes acompanham	9	9%	Familiarização do mercado com soluções de Indústria 4.0	17	17%
Mudança cultural, valorizar a tecnologia e a inovação	5	5%			
Oferta de mais soluções	3	3%			
Iniciativas de sensibilização e capacitação	9	9%	Educação sobre Indústria 4.0	15	15%
Acesso à informação	6	6%			
Parcerias com fornecedores para superar desafios	6	6%	Estabelecimento de parcerias para superar desafios	14	14%
Estabelecimento de conexões para superar desafios	4	4%			
Ação de agente integrador entre a startup e a indústria	3	3%			
Engajamento de áreas-chave	1	1%			

Fonte: Autoria própria (2021)

Essa árvore indutiva de dados mostra que as *indtechs* visualizam programas de estímulo em hélice tríplice, a redução de barreiras de entrada e a familiarização do mercado com soluções de Indústria 4.0 como principais oportunidades para solucionar os desafios enfrentados. O ponto mais citado como oportunidade para superar desafios foi a importância de programas de estímulo, não só com o governo, mas unindo empresas e a academia. Um entrevistado descreveu que os programas ideais seriam uma “ação conjunta do governo, universidades, empresas e startups para deixar mais claro os caminhos e trazer mais segurança para as partes”. Trata-se de um esforço em conjunto, de um espaço de trocas, alinhamentos e coordenação de esforços não somente de investimento financeiro, o que torna essa ideia mais complexa, porém certamente mais significativa.

No que tange aos investimentos do governo foi sugerido um aumento de incentivos como editais de pesquisa e fomento, redução das tributações e outras políticas de estímulo em prol do desenvolvimento tecnológico. As *indtechs* também comentaram sobre a importância de participar de polos tecnológicos e ambientes de *benchmarking* e colaboração como por exemplo o Mining Hub em Minas Gerais e o ecossistema de Florianópolis.

Uma *indtech* elogiou muito o apoio das federações de indústrias e incentivou que houvesse “mais programas com a CNI (Confederação Nacional da Indústria), SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial), Sistema S, fundações como a CERTI (Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras) e federações de indústrias”. Outras iniciativas citadas foram o FIEMG Lab, *hub* de inovação aberta com *indtechs* da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, a InovAtiva que é um *hub* de conexão, capacitação e aceleração e o Think Lab, uma empresa que busca fomentar a inovação a partir de startups, *hackathons* e comunidades. Também foram citados programas de aceleração como o da HARDS, AWC - Instituto TIM, SEBRAE e ACE.

Várias das *indtechs* divulgam em seus sites premiações e participações em desafios, mostrando com orgulho essas conquistas. Os prêmios são formas de trazer mais credibilidade para as startups e mostrar sua competência. Dentre as citadas, as que mais se destacaram foram as premiações 100 *Startups to Watch*, publicada pela revista Pequenas Empresas & Grandes Negócios e os rankings da 100 *Open Startups*.

As oportunidades enxergadas para a redução de barreiras de entrada foram o segundo ponto mais citado e se concentram principalmente na instalação e na redução de custos de entrada. As *indtechs* propõem a terceirização da instalação ou então que a instalação seja feita pelo cliente. Assim, elas relatam que precisam tornar a instalação mais fácil com “processos arredondados e bem documentados para que as pessoas consigam implementar a solução” rapidamente. Outras sugestões são “apoiar a empresa e dar atenção para cada cliente” e contar com o apoio do time de engenharia durante a venda para facilitar a integração do produto. As *indtechs* também veem como oportunidade a oferta da própria infraestrutura de comunicação, assim, a solução usa a sua rede em nuvem e não há conflitos com o time de segurança e de TI da empresa.

Outra abordagem utilizada para a implementação da solução é a prova de conceito (Proof of Concept – POC). A prova de conceito é um período de teste, onde a *indtechs* entrega o serviço e dependendo dos resultados atingidos o projeto é contratado por mais tempo, adaptado ou rejeitado pela indústria. Muitas das *indtechs* estudadas constroem seus processos de negócios com diagnóstico e levantamento de requisitos, execução da POC, execução de melhorias, customizações e ajustes e depois a implementação do serviço de forma estendida. Algumas *indtechs* realizam a POC somente com a implementação do software sem o hardware para reduzir o custo de aquisição do cliente. Um caso interessante é o da empresa que realiza monetização por *success fee*, ou seja, ela utiliza a POC como forma de validar a viabilidade desse modelo de remuneração e calcula a precificação baseada no resultado atingido. Assim, a precificação é mais acurada e vantajosa para ambas as partes.

Embora a POC seja uma maneira interessante da indústria ter contato com os serviços prestados e compreender os benefícios trazidos, muitas vezes é um processo demorado, que reduz a escalabilidade do processo de vendas. Uma *indtech* explicou que “quando entramos no cliente fazemos uma POC, que demora em torno de 6 meses com customização e integração até fechar o projeto”. Assim, a startup corre o risco de dedicar seu tempo e recursos a esses testes que não são convertidos em projetos, mas por outro lado, pode ser que a POC seja um sucesso e o cliente expanda o projeto gerando uma grande fonte de receita para a *indtech*.

A terceira oportunidade mais citada foi a familiarização do mercado com as soluções da Indústria 4.0. Nesse sentido, os entrevistados explicam uma dinâmica de mercado que foi chamada de efeito dominó aonde “o cliente quer fechar o que outras empresas já fizeram, querem a solução que tem case”, “precisamos de altos executivos que sejam mais abertos, patrocinem essas novidades, arrisquem e testem” porque uma vez que o projeto dá certo “os concorrentes vão querer entrar na onda da inovação”. Ou seja, quando “a concorrência vai pegando a tecnologia os outros vão pegando também”, “outras empresas do grupo vêm atrás, começam a recomendar e as coisas decolam”.

O chamado efeito dominó é acionado pela ousadia de um executivo que compra a ideia, rompe o medo e aplica uma solução inovadora. Quando os resultados são colhidos, as outras empresas competidoras, metaforicamente falando, as outras peças de dominó, também caem em seguida. Esse comportamento é explicado pela aversão ao risco já comentada aqui, mas também pelo fato de que a indústria sofre muita pressão por resultados e não quer perder competitividade. Por isso, quando há um resultado positivo com uma solução a concorrência segue para adotá-la. Outro ponto interessante nessa dinâmica é que os entrevistados comentam que as indústrias têm o hábito de se conversarem e de recomendarem bons serviços, assim, o *marketing* de rede é um poderoso aliado para disseminar casos de sucesso ou para manchar a imagem de uma empresa que presta um serviço de baixa qualidade.

Os pesquisados também relatam a necessidade da mudança cultural do mercado para valorizar soluções tecnológicas e inovações. Também é citada a necessidade de mais competidores e a oferta de mais soluções no mercado para que os profissionais da indústria conheçam mais as oportunidades trazidas pela quarta revolução industrial.

As iniciativas de sensibilização e capacitação também foram citadas como pilares importantes que abrangem desde programas para operadores de chão de fábrica, gestores e para o público em geral. Sugere-se “conversar mais sobre o tema”, ter capacitações para que as “pessoas entendam a importância da inovação” além de “democratizar o acesso à informação”. Também é enfatizado que é necessário continuar formando mão de obra e realizando orientações e programas de aprendizado com os colaboradores.

O último pilar citado como oportunidade para as *indtechs* é o estabelecimento de parcerias para superar desafios. Nesse sentido, os pesquisados relataram oportunidades como parcerias com fornecedores para a melhoria da qualidade dos produtos, estabelecimento de contratos de aluguel de equipamentos, contratação de serviços de intermediação com as operadoras de telefonia e a terceirização de processos e da produção de hardwares. A segunda sugestão mais citada nesse aspecto foi o fortalecimento da rede de contatos para que a empresa tenha mais facilidade de vendas e de implementação. Por fim, são citadas oportunidades como o estabelecimento de parcerias com agentes integradores e o engajamento de áreas-chave como TI, jurídico e segurança para superar desafios.

#### 4.9 Estratégia das *indtechs*

Para entender o futuro dessas empresas, parte da entrevista abordou as estratégias tecnológicas, o que era valorizado a longo prazo e quais seriam os próximos passos da *indtech*. Foram computados inúmeros planos e objetivos, que foram indutivamente resumidos em quatro categorias de estratégias, que serão apresentadas abaixo com suporte da Tabela 11.

Tabela 11 - Estrutura de dados sobre estratégias tecnológicas

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Evoluir a tecnologia	25	27%	Estratégia de evolução tecnológica	36	40%
Aumentar banco de dados	8	9%			
Adaptabilidade da tecnologia	3	3%			
Tornar produto mais escalável	20	22%	Estratégia de escala	35	38%
Expandir a operação	8	9%			
Melhorar usabilidade	7	8%			
Inovação tecnológica	10	11%	Estratégia de inovação tecnológica	13	14%
Pivotagem tecnológica	3	3%			
Criar redes como forma de acelerar tecnologias	7	8%			

Fonte: Autoria própria (2021)

O primeiro tipo de estratégia, foi chamado de evolução tecnológica que engloba as *indtechs* que desejam tornar sua tecnologia mais adaptável, evoluí-la e aumentar o seu banco de dados tornando a solução mais robusta com evoluções incrementais. Assim, conforme a classificação elaborada por Wheelwright e Clark (1992) esses

projetos seriam principalmente projetos derivativos, com a adição ou melhorias incrementais de produtos, atualizações de processos e otimizações que estendem a sua aplicabilidade.

De acordo com a fala dos empreendedores, a adaptabilidade da tecnologia refere-se ao acompanhamento do cliente e das novas demandas que eles trouxeram. Nesse caso, o foco é na adaptação do produto de acordo com as demandas do cliente. O aumento de banco de dados refere-se essencialmente ao desejo de “aumentar o banco de dados para expressar mais a realidade e colocar análises de séries e mais tecnologias de análise de dados”, ou seja, “utilizar o *Big Data* para gerar mais inteligência”. A evolução tecnológica engloba objetivos de aprimorar tecnologias e soluções já entregues pela empresa como: “tornar Inteligência Artificial cada vez mais complexa”, “ter mais rapidez de processamento, análise de dados, consumir menos banco de dados”, “aprimorar a tecnologia para ser cada vez mais eficiente”, “consolidar a plataforma” e “melhoria da conectividade”.

A segunda estratégia mais citada foi chamada de estratégia de escala, que está ligada principalmente a ações que tornarão os produtos mais simples e que apoiarão a sua capacidade de multiplicação com menos esforços, tornando-o exponencial. Alguns exemplos de principais planos de ação citados para tornar o produto mais escalável são: “reduzir tempo de integração, tornar processo mais simples para trazer resultado mais rápido”, “atender mais clientes com menos custos”, “terceirizar mais o hardware”, “fazer a ferramenta mais padronizada, assim o cliente customiza o que quiser”, “criar produtos de prateleira”. Assim, conforme caracterizado por Wheelwright e Clark (1992) também seriam projetos de melhoria ou derivativos.

Dentro da estratégia de escala, a expansão da operação se refere ao desejo de crescimento, especialmente de clientes e de faturamento, mas também englobando outras soluções que aumentem a demanda da *indtech*. Nesse caso, projetos de criação de novos sistemas de solução para o cliente podem ser caracterizados como projetos de plataforma criando uma nova família de produtos para a startup (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992). A usabilidade também é vista como estratégia onde o foco é “priorizar a experiência do usuário, interação do usuário, agilidade, usabilidade, trazer facilidade de utilização da tecnologia e criar estruturas mais amigáveis” especialmente a partir de técnicas de *user experience*.

O terceiro tipo de estratégia mais comentado foi chamado de inovação tecnológica. Poucas empresas percebem que precisam mudar radicalmente sua estrutura, trocando as suas principais tecnologias ou mudando a lógica de grande parte do modelo de negócios. Esta parcela de *indtechs* pretende “se estabelecer como startup inovadora de base tecnológica” a partir do investimento em novas tecnologias, “continuar com P&D”, “acompanhar a academia que traz coisas mega inovadoras” e “trabalhar com tecnologias de ponta”. Essas *indtechs* desejam se diferenciar como primeiros entrantes e desenvolver produtos com tecnologias avançadas para a futura implementação no mercado ou até mesmo trocar sua base tecnológica pivotando seu modelo de negócios. Assim, pode-se entender que essas poucas *indtechs* pretendem atuar com projetos radicais, que envolvem mudanças significativas em seus produtos e processos (WHEELWRIGHT; CLARK, 1992).

A quarta estratégia identificada é baseada na criação de redes e no apoio de parceiros para a aceleração da *indtech*. São sugeridas diversas abordagens como “criar o próprio ecossistema de startups ou empresas inovadoras”, “fazer uma rede de apoio para instalação”, “ter apoio de uma organização integradora que traz mais amparo, reduz choque e barreiras entre clientes e a startup”, “criar uma rede de produtores de hardware, startups, integradores e clientes”. O papel dos integradores é entendido como um profissional que “tem interface com as duas áreas, TI e negócios ou analista de inovação”. Essa pessoa tem interface com diversas áreas, networking e conhece o dia a dia da empresa, e assim, consegue conectar o mundo das startups com o das indústrias e acelerar esse processo de transição. É interessante notar que essas abordagens mostram a importância do apoio de parceiros para o estabelecimento das *indtechs* que são organizações relativamente novas e sem tantos casos de sucesso. Ter uma rede de parceiros tanto para a fabricação de hardwares quanto para a venda, como agentes integradores e centros de inovação das empresas, pode ser muito benéfico para todos os envolvidos.

Outro tipo de parceria possível é o envolvimento das áreas críticas das empresas estabelecidas, as quais geralmente causam entraves e dificuldades de processos para apoiar a transição tecnológica para a Indústria 4.0. Um dos entrevistados sugere fazer a “aproximação dos departamentos das grandes empresas como jurídico, suprimentos e TI” para fazer as mudanças fluírem melhor utilizando-os

como aliados e parceiros na otimização dos processos de contratação e implementação.

Para compreender de forma mais ampla o planejamento de aplicação de novas tecnologias foi criada uma estrutura de dados que aborda os planos futuros, também chamados pelas startups de *roadmap*, de implementação de tecnologias conforme ilustrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Estrutura de dados sobre implementação de tecnologias

Temas de 2ª ordem	Freq	%	Dimensões agregadas	Freq	%
Implementar Inteligência Artificial / Machine Learning	7	17%			
Implementar Blockchain	6	14%			
Implementar Realidade Aumentada / Realidade Virtual	5	12%	<i>Roadmap de aplicação de novas tecnologias da Indústria 4.0</i>	34	81%
Implementar Automação	5	12%			
Implementar outras tecnologias de conectividade	4	10%			
Implementar 5G	3	7%			
Implementar Cloud & Edge Computing	3	7%			
Implementar Realidade Mista	1	2%			
Implementar IoT	6	14%	<i>Roadmap de aplicação de IoT</i>	8	19%
Criar novo hardware	2	5%			

Fonte: A autoria própria (2021)

Percebe-se que existem empresas que não têm planos para implementar novas tecnologias e que adotam a filosofia de que o futuro “vai ser definido de acordo com a demanda do mercado” ou que “não pretendem utilizar outras tecnologias, é importante focar, já tem muitas oportunidades”. Por outro lado, constatou-se que pelo menos 50% das *indtechs* de Software têm interesse em adotar o IoT para incrementar sua oferta de valor. Essa dinâmica é interessante pois mostra a importância da implementação de CPS para a qualidade da coleta de dados, essencial para todas as outras soluções mais avançadas de Indústria 4.0.

Enquanto as *indtechs* de Software objetivam a adoção do IoT, as de Hardware possuem um *roadmap* de aplicação de tecnologias mais diversas. Dentre elas, a utilização de Inteligência Artificial e *Machine Learning* para análises de dados avançadas, a aplicação de *Blockchain* para trazer mais segurança às operações,

automação, soluções com Realidade Virtual e Aumentada, entre outras. Observando o gráfico Figura 24 apresentado anteriormente, fica evidente que as *indtechs* de Hardware estão buscando se destacar em tecnologias de análise de dados, que as *indtechs* de Software dominam mais, enquanto essas, buscam se inserir no mundo de IoT, sensores e automação em que ainda não atuam.

Pode-se inferir que as *indtechs* de Hardware objetivam expandir seus produtos com tecnologias mais inovadoras e mais avançadas para oferecer serviços de previsão e de adaptação da produção, estágios mais avançados da tecnologia industrial, segundo SCHUL et al. (2020). Enquanto isso, as *indtechs* de Software, buscam expandir sua operação para a coleta de dados e integração com máquinas para garantir maior qualidade e assertividade de suas previsões e permitir a automação do chão de fábrica (SCHUH et al., 2020).

Um caso que se destacou dos demais foi de uma *indtech* que tem uma oferta baseada em hardwares para o monitoramento e gestão do chão de fábrica. Eles afirmam que pretendem “sair do IoT e focar na plataforma” investindo em tecnologias de dados e *Analytics*. Essa movimentação é contrária a todas as outras desse grupo, que pretendem se apoiar na tecnologia IoT para o futuro e não a substituir. Considerando que de fato existe uma concentração de *indtechs* de visibilidade conforme ilustrado pelo gráfico da Figura 27 e a tendência é que esse panorama aumente, o direcionamento escolhido por essa *indtech* parece ser interessante para a sua diferenciação.

#### **4.10 Inovação das *indtechs***

Conforme exposto no referencial teórico, falar sobre startups e inovação são temas importantes para a implementação de novas tecnologias e disrupções no mercado. Assim, parte da entrevista também abordou a percepção dos empreendedores sobre a inovação de suas *indtechs*. O resultado obtido está apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Estrutura de dados sobre inovação nas startups

<b>Temas de 2ª ordem</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>	<b>Dimensões agregadas</b>	<b>Freq</b>	<b>%</b>
Inovação vista como a utilização de tecnologias para resolver dores do mercado	13	16%			
Inovação vista como tornar a tecnologia acessível	7	8%			
Inovação vista como a disponibilização de informações para a tomada de decisão	5	6%			
Inovação como o apoio na transformação cultural e educacional necessária para implementar a Indústria 4.0	4	5%	Inovação vista como a aplicação de tecnologias para resolver dores do mercado	39	47%
Inovação vista como simplificar a aplicação da tecnologia	4	5%			
Inovação como resultados alcançados	2	2%			
Inovação vista como melhoria contínua	2	2%			
Inovação como a integração de dados	1	1%			
Inovação tornando a solução flexível	1	1%			
Inovação vista como a utilização de tecnologias inéditas	12	14%			
Inovação vista como a criação de novos produtos	3	4%			
Inovação vista como a criação de novos produtos de maneira rápida	2	2%	Inovação vista como o ineditismo de soluções desenvolvidas e tecnologias aplicadas	24	29%
Patenteamento de soluções	2	2%			
Inovação com a fabricação de hardware no país	2	2%			
Inovação como o desenvolvimento de tecnologias de ponta	1	1%			
Inovação como primeiro entrante	1	1%			
Utilização de elementos inéditos	1	1%			
Inovação criando uma oferta multilateral	3	4%			
Inovação na redução de barreiras de entrada	2	2%			
Inovação como foco em experiência do cliente	2	2%	Inovação em modelo de negócios	11	13%
Estímulo ao aumento do tempo de vida dos produtos	2	2%			
Inovação vista como a servitização do produto	1	1%			
Inovação a partir da rede de valor	1	1%			
Inovação como o reconhecimento recebido de empresas e organizações	5	6%	Inovação com foco em sua origem em interações com outras organizações	9	11%
Inovação resultante da relação da startup com a universidade	3	4%			
Inovação como apoio ao processo de P&D de outras empresas	1	1%			

Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com os dados coletados no estudo, percebe-se que a inovação é vista majoritariamente como a aplicação simples e prática de tecnologias para resolver dores do mercado. Essa primeira dimensão agregada retrata bem a definição Schumpeteriana de inovação, enfatizando a criação de produtos, abertura de novos mercados e novos modelos de negócios com ênfase em resultados econômicos relevantes. As *indtechs* reforçaram que seu foco está na resolução de problemas da mesma maneira como foi destacada na análise dos diferenciais competitivos. Foi afirmado que o foco é em “entregar valor através de soluções de tecnologia”, “traduzir as últimas tecnologias para algo que o cliente consegue usar”, as *indtechs* “inovam descobrindo dores do cliente, e tentando resolvê-las utilizando conhecimento e tecnologias”.

Tendo conhecimento dos inúmeros desafios enfrentados pela indústria brasileira é possível imaginar que soluções que oferecem dados em tempo real para a tomada de decisão terão um impacto considerável. Essa primeira etapa da transformação industrial de visibilidade pode trazer ganhos significativos para uma indústria que hoje está carente em conectividade e computadorização. Por esses motivos, imagina-se que as *indtechs* enxerguem a disponibilização de informações para a tomada de decisão como inovação, bem como o apoio na implementação de tecnologias básicas da Indústria 4.0.

Em segundo lugar, a inovação é vista a partir do ineditismo das soluções desenvolvidas e tecnologias aplicadas. Essa visão converge com a definição Schumpeteriana que retrata a inovação como a criação de novos produtos, novas qualidades do produto ou formas de produção. Conforme explicado por Christensen (1997), quando uma nova tecnologia atinge a performance demandada pelo mercado é possível que ela supere as tecnologias adotadas atualmente. Normalmente por serem mais baratas, simples e de maior usabilidade essas novas tecnologias têm grande aceitação no mercado, coincidentemente, todos esses são diferenciais e estratégias adotados pelas *indtechs* estudadas. Por conta desses fatores e do objetivo por escala adotado pelas startups é possível que em um curto período de tempo essas soluções se tornem o design dominante do setor.

Durante as entrevistas, outro ponto que se destacou foi o objetivo de tornar a tecnologia acessível como por exemplo “democratizar o controle da produção”, “criar

tecnologias digeríveis para a realidade da fábrica”, “aplicar uma tecnologia simples em um modelo de negócios que faz sentido”. Essa visão vai de encontro à dinâmica de mercado explicada por Christensen (1997), uma vez que se a tecnologia já está bem desenvolvida, torná-la acessível e fácil de usar é o que pode definir a sua posição de destaque no mercado.

Na dimensão agregada de inovação em modelos de negócios foram recebidas diversas respostas diferentes. Algumas *indtechs* entendem essa inovação como praticar “modelo de negócios onde eles assumem o investimento e fazem instalação de sensores e medidores”, outras como a mudança de uma “solução focada em tecnologia para foco em experiência do cliente”. Uma das *indtechs* analisadas oferece a servitização de um produto, aplicando um PSS, enquanto outras enxergam inovação a partir da rede de valor criada entre a startup, parceiros que fabricam o hardware e parceiros de telecomunicações. De toda forma, essas definições são coerentes com a teoria descrita por Scumpeter (1939) de que a inovação também é uma nova forma de produzir um produto e praticar novas formas de comercialização.

Algumas *indtechs* trouxeram luz a um tema pouco comentado, o da obsolescência das máquinas e equipamentos com a adoção dessas novas tecnologias. Foi retratado que muitas vezes as empresas precisam comprar novas máquinas ou hardwares a cada mudança tecnológica e isso causa um enorme volume de lixo eletrônico. Duas das *indtechs* entrevistadas afirmaram que o diferencial delas para inovação em modelo de negócios é justamente estimular a economia circular e o aumento da vida útil dos produtos, seja fornecendo uma solução que pode ser adaptada a qualquer máquina ou criando uma relação onde o fornecedor de hardware se compromete com a sua atualização e reciclagem, tornando o negócio mais sustentável a partir da abordagem HaaS.

Conforme Osterwalder e Pigneur (2011) um dos modelos de negócios que as startups podem adotar é a oferta de uma plataforma multilateral, que cria fontes de receitas complementares ao facilitar a interação entre diferentes segmentos de clientes. Esse modelo de negócios é particularmente valioso pois cria efeitos em rede, que criam valor de forma exponencial. Três *indtechs* dentre todas as analisadas oferecem plataformas multilaterais, todas de maneiras bastante diferentes, mostrando a versatilidade dessa proposta. Uma delas possibilita que “agentes acessem a

plataforma e prestem consultoria, assim a startup ganha dois canais de vendas, direto para clientes e através dos consultores com comissão”, outra “tem parceiros que constroem aplicações no sistema e a startup vende o software junto com a aplicação do parceiro” e a última “atua como viabilizadora da solução de outros parceiros” conectando fornecedores de manutenção às empresas.

Um fato curioso é que apenas 10% do total de *indtechs* avaliadas adota esse modelo de negócios. Alguns exemplos de empresas que utilizam a tecnologia da informação para criação de valor dessa maneira são o Uber, o Airbnb e o Instagram (STEININGER, 2013). Assim, resta a dúvida de qual seria o motivo desse modelo de negócios em plataformas multilaterais ainda não ter sido mais explorado pelas *indtechs*.

A quarta dimensão agregada sobre inovação nas *indtechs* foi definida como o foco na origem da inovação a partir de interações da *indtechs* com outras organizações. Nesse sentido, as *indtechs* ressaltam o reconhecimento recebido a partir de parcerias com grandes empresas, convites para feiras mundiais de tecnologia, elogios de especialistas e prêmios. Nesse aspecto, é visível a necessidade por confirmação externa como forma de trazer maior credibilidade para as *indtechs* e adicionar um diferencial para enfrentar um mercado tão complexo e retraído como já visto anteriormente. Nessa dimensão agregada também é citada a relação com universidades e parceiras de P&D, assim, essa abordagem foi considerada como a busca e a importância de parcerias estratégicas para a inovação. Dessa forma, a partir de parcerias a empresa pode criar novos produtos, processos, modelos de negócios e abrir novos mercados, possibilidades previstas como inovadoras por Schumpeter (1939).

Sabe-se que a inovação depende do alcance de resultados econômicos, conforme já estabelecido anteriormente. Durante as entrevistas foi abordado o tema dos resultados promovidos pelas *indtechs* e foram recebidas respostas impressionantes como: “geramos um total de R\$ 35 milhões de economia em energia até início de 2021”, “redução de estoques de 20 a 70%”, “lead times até 60% menores”, “17% de economia de energia em dois anos”, “redução de 15% do custo da operação”, “aumento de 30% da produtividade da equipe de manutenção”, “redução de índices de refugo de 5 para 2%”, “ROI de 735% do projeto em 2 meses”,

“aumento de 5 a 30% de ocupação de máquinas”, “redução de 50% do desvio padrão”, “aumento de 90% para 95% da eficiência do processo”, “ganho médio de 22,8% de produtividade em pequenas empresas com 4 a 6 meses de implantação”, “redução do número de acidentes de 2 a 3 por dia para 0”.

Esses dados comprovam que as *indtechs* podem sim trazer muito valor aos clientes e apoiar na competitividade da indústria brasileira. Resultados significativos como esses podem ser configurados como inovação, uma enorme oportunidade para as fábricas que buscam melhorar seus resultados. Vale ressaltar que esses benefícios dependem muito da maturidade digital da indústria, das práticas de gestão adotadas e da sua cultura, ou seja, eles variam de cliente para cliente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aqui descrito se propôs a investigar os modelos de negócios praticados pelas *indtechs* e seu impacto na implementação da Indústria 4.0 no Brasil. Primeiramente, foram identificados na literatura trabalhos internacionais que destacam a importância das startups para a disseminação de inovações e tecnologias no mercado. Assim, comprovou-se pela revisão bibliográfica que as startups podem impulsionar a transição da indústria para a era 4.0 (RICHTER; JACKSON; SCHILDHAUER, 2018; GHEZZI; CAVALLO, 2020; STEININGER, 2018; HAHN, 2019; INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 2017; KACZAM *et al.*, 2021).

No caso do Brasil, a literatura encontrada foi muito limitada conforme já previsto por Gosh, Mahta e Avittathur (2018) que afirmam que esse fenômeno não tem sido muito explorado em países em desenvolvimento. Contudo, o estudo conduzido por Rocha, Mamédio e Quandt (2019), um dos poucos exemplares disponíveis, trouxe informações relevantes sobre essa dinâmica no Brasil. Os autores afirmam que a parceria de *indtechs* com empresas pode ser muito positiva e gerar estímulos para a economia brasileira.

Rocha, Mamédio e Quandt (2019) elencam três principais resultados promovidos pelas *indtechs* para a transformação da indústria. Elas apoiam a digitalização e integração de processos, desenvolvem modelos de negócios escaláveis e oferecem produtos e serviços digitais que possibilitam a análise de dados, a integração com outras soluções e a customização. Assim, considera-se que o primeiro objetivo específico do trabalho foi atingido de forma satisfatória, identificando não só o potencial das *indtechs* no exterior como no Brasil.

O segundo objetivo específico do estudo é analisar os modelos de negócios das *indtechs* brasileiras. Foram realizadas 29 entrevistas válidas com *indtechs* de todo o Brasil que oferecem as mais diversas tecnologias e serviços. A partir dessas conversas foi possível analisar o conteúdo transcrito de forma qualitativa criando árvores de código indutivas que identificam os principais pilares do modelo de negócios dessas empresas, e também foi possível analisar a amostra quantitativamente. Aqui serão resumidos os principais temas sobre os pilares de

modelo de negócios conforme descrito por Osterwalder e Pigneur (2011) especialmente focados em clientes, proposta de valor, monetização e parcerias.

Observou-se que as indústrias como mineradoras, siderúrgicas e automotivas representam o público de maior faturamento das *indtechs* envolvidas no estudo. Outro grande setor atendido é o de serviços com ênfase em transportadoras. De forma geral, as *indtechs* adotam estratégias de mercado bastante diferentes. Algumas focam na prospecção de grandes empresas e outras focam em pequenas e médias organizações. Todavia, um traço comum encontrado foi o relacionamento com os usuários, onde mais de 80% das *indtechs* adota uma assistência dedicada por cliente, o que traduz a importância do apoio e da proximidade com os consumidores.

A oferta de produtos das *indtechs* analisadas tende a ser mais padronizada e modularizada com baixo nível de customização. Assim, as *indtechs* obtêm vantagens de escalabilidade. Identificou-se que mais de 60% da amostra oferece soluções que unem hardwares e softwares e as demais oferecem somente o sistema ou combinações de ambos com consultorias e serviços. Para a diferenciação de mercado, as *indtechs* oferecem principalmente confiabilidade da solução, facilidade de adoção da tecnologia e a usabilidade da solução. Já os maiores benefícios gerados são o aumento de produtividade e eficiência, a redução de desperdícios e o apoio à tomada de decisão.

Foram analisadas as tecnologias aplicadas por essas *indtechs* e constatou-se que mais de 80% delas utilizam *Big Data*, 75% aplicam tecnologias em nuvem e 65% utilizam Inteligência Artificial. Foi percebido que as *indtechs* que oferecem softwares se apoiam mais no uso da Inteligência Artificial enquanto as de hardware aplicam mais tecnologias como IoT e automação. Em suma, grande parcela (39,3%) das *indtechs* oferece soluções de visibilidade apoiando no início da transformação rumo à Indústria 4.0.

Outro importante aspecto para compreender o modelo de negócios é a forma de monetização da empresa. Concluiu-se que as *indtechs* de software adotam majoritariamente o modelo SaaS e as de hardware adotam mais o modelo SaaS e HaaS e em segundo lugar o SaaS com a venda direta do equipamento.

Muito se fala sobre a criação de uma rede de valor e sobre a importância das parcerias. No caso das *indtechs* estudadas percebeu-se uma tendência pela

terceirização da fabricação dos hardwares. Assim, uma parceria importante para esse público é a com fabricantes de hardware ou fornecedores de hardware de mercado. Outras parcerias valiosas que foram citadas são aquelas com empresas de renome que apoiam no processo de desenvolvimento de produtos, com federações e organizações de fomento, e com agentes integradores que podem auxiliar em vendas e na implementação de soluções.

Após entender todos esses aspectos, resta compreender as estratégias das empresas. Existe uma forte tendência para que elas adotem uma prerrogativa de evolução tecnológica e de escala com foco em aprimorar tecnologias já adotadas e tornar o produto mais fácil de instalar ou melhor de usar. No que tange à utilização de tecnologias, foi percebida a tendência de que as *indtechs* que hoje se apoiam em software futuramente visem aplicar a IoT e as de hardware objetivem implementar tecnologias mais complexas de análise de dados como *Machine Learning* e Inteligência Artificial e outras como *Blockchain*, Realidade Aumentada e automação.

A identificação da contribuição das *indtechs* para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil configura o terceiro objetivo específico do estudo. De acordo com os resultados obtidos, o principal fator de influência das *indtechs* na transição para a Indústria 4.0 é o apoio à digitalização e à adoção das novas tecnologias. O segundo fator mais citado foram os ganhos operacionais e gerenciais atingidos a partir da disponibilização de informações para a tomada de decisão. Os entrevistados também trouxeram ênfase para a necessidade de uma transformação educacional e cultural para a implementação dessa nova revolução industrial. Nesse aspecto, as *indtechs* atuam trazendo visibilidade para o tema e ensinando operadores e gestores essa nova cultura e habilidades. O quarto aspecto mais citado foi a democratização ao acesso de soluções com ofertas simples e de custo acessível. É interessante notar que os resultados obtidos estão alinhados àqueles descritos por Rocha, Mamédio e Quandt (2019) e satisfazem o terceiro objetivo específico do estudo ao possibilitarem a síntese dessas contribuições.

Dessa forma, considera-se que o trabalho trouxe informações relevantes para a compreensão do funcionamento e o panorama atual do modelo de negócios das *indtechs* brasileiras. O estudo detalha as contribuições das *indtechs* para a quarta revolução industrial, seus modelos de negócios, os desafios enfrentados,

oportunidades de melhoria, suas estratégias e a inovação avaliada sob a ótica da quarta revolução industrial. Assim, o estudo descreve e consolida conhecimentos sobre as *indtechs*.

Na opinião da autora, dois pontos se destacaram dentre as conclusões do estudo. O primeiro aspecto ressaltado é o relacionamento próximo das *indtechs* com seus clientes e a predominância da oferta de uma assistência pessoal dedicada. Esse fato é interessante já que dificulta a escalabilidade da operação demandando mais recursos da empresa. Contudo, é compreensível a necessidade desse apoio ao cliente e do auxílio à implementação das soluções quando se considera o baixo nível de maturidade digital da indústria brasileira.

O segundo ponto que chamou atenção é a predominância de startups de hardware. A princípio não era esperado que houvesse uma maioria de *indtechs* de hardware pois isso implica diversos desafios técnicos e logísticos, além de um desafio operacional. Contudo, elas caracterizam a maioria da amostra. Outro aspecto observado foi a tendência das *indtechs* de software a objetivarem a adoção de soluções de IoT no futuro. Além do mais, de acordo com a literatura, as startups de hardware possuem maior valor de mercado. Esses fatos mostram a relevância dessa tecnologia e a importância da coleta de dados com qualidade para a entrega de soluções mais avançadas.

Durante a execução do projeto a autora aprendeu muito sobre os conceitos aqui aplicados tanto a partir do estudo bibliográfico quanto da discussão e da análise de exemplos práticos com o apoio dos participantes do estudo. Foi um exercício constante de síntese, comparação e compreensão para retratar a realidade de forma mais fidedigna possível e crítica. A experiência de conhecer a fundo tantas empresas também trouxe enormes aprendizados e apresentou um novo mundo de oportunidades. A pesquisadora pôde conhecer a aplicação de tecnologias de ponta e as diversas soluções disponíveis para auxiliar a evolução da indústria para a era 4.0.

Após falar tanto sobre a transformação cultural e de conhecimento necessária para a adoção da Indústria 4.0, esse trabalho com certeza contribuiu para a formação profissional e pessoal da autora. Profissionalmente, o projeto contribuiu para o desenvolvimento de habilidades de comunicação e de análise de dados, além do desafio de correlacionar a literatura a tendências de mercado contemporâneas.

Pessoalmente, foi um desafio e uma alegria ter conhecido tantos profissionais e ter estabelecido conexões com empreendedores de todo o Brasil e das mais diversas especialidades. Com a conclusão do projeto a pesquisadora possui mais conhecimentos sobre essa revolução industrial, suas tecnologias, possibilidades de aplicação e a importância de uma cultura flexível e orientada a resultados para o máximo proveito da Indústria 4.0.

Embora o estudo tenha sido cuidadosamente planejado e executado, ainda há limitações quanto aos seus métodos e à execução do projeto. Primeiramente, é possível citar a própria metodologia proposta que é qualitativa e, portanto, está sujeita a vieses do pesquisador. O intuito do projeto era retratar as práticas aplicadas e apresentar uma explicação sobre a operação e impacto gerado pelas *indtechs* na transformação industrial. Como as startups estão inseridas em um ambiente de muita incerteza e volatilidade, não é possível afirmar que esses resultados serão válidos para o futuro pois dependem muito da configuração do mercado, das novas tecnologias adotadas e das adaptações realizadas sobre os modelos de negócios das empresas.

O estudo envolveu mais de 35 empresas no total, todavia, não é possível afirmar que ele é generalizável estatisticamente pois não foi feita uma análise de amostragem. Dessa forma, não foram conduzidas análises estatísticas nem de correlação que poderiam ser interessantes para o caso. Contudo, ressalta-se a dificuldade de encontrar materiais bibliográficos sobre o tema, o que torna o estudo mais complexo. As *indtechs* foram escolhidas a partir de critérios básicos e de uma base aberta, porém não exaustiva. O que acabou definindo a participação de uma empresa no estudo foi a resposta do empresário a um convite no LinkedIn, ou seja, o acesso aos empreendedores foi um fator limitante. Outro ponto de atenção é que o projeto contou com somente uma pessoa entrevistada por *indtech*, o que pode gerar vieses nas informações coletadas.

A realização da pesquisa durante a pandemia do novo coronavírus também se mostrou como um fator limitante que impossibilitou visitas presenciais ou acesso a feiras e eventos que poderiam ter contribuído com o estudo e com o acesso a *indtechs* diferentes. Essas organizações são muito fluidas e flexíveis, e se adaptam a mudanças no mercado, assim, muito provavelmente o resultado obtido foi influenciado

pela pandemia. Todavia, não se sabe até que ponto os dados coletados foram influenciados pelo contexto de retomada econômica em meio a uma crise humanitária, o que altera todo o funcionamento do mercado.

Como o tema é pouco explorado na literatura existem várias oportunidades para trabalhos futuros. Poderia ser sugerida a execução de um estudo de caso tal qual realizado nesse projeto com um grupo menor de *indtechs* para entrar em mais detalhes sobre os pontos abordados. Também seria interessante replicar a metodologia desse estudo para avaliar as *indtechs* de um nicho de mercado ou que oferecem uma solução parecida e avaliar as diferenças e similaridades entre elas. Para obter uma visão mais holística da empresa o ideal é que futuros estudos sejam conduzidos abordando mais membros da *indtech*. Dessa forma, a coleta de dados seria mais completa e correria menos riscos de conter vieses. Além disso, sugere-se a condução de um projeto baseado em *grounded theory* que poderá auxiliar na compreensão e na criação da teoria sobre o assunto.

Pesquisas quantitativas futuras também são recomendadas para avaliar a aplicação das descobertas possibilitadas pelo estudo em um público maior e mais diverso, inclusive com empresas internacionais. O acompanhamento futuro de resultados das *indtechs* analisadas também resultaria em um estudo interessante que comparasse o panorama atual com os futuros resultados. Outra opção seria um estudo de análise de fatores que influenciam no desempenho das *indtechs*.

Algumas ideias adicionais são o estudo sobre as diferenças entre a estratégia de terceirização ou fabricação própria dos hardwares, o impacto das parcerias com grandes empresas no sucesso das *indtechs* ou então a análise sobre a relação entre o conhecimento sobre Indústria 4.0 ou escolaridade e a adoção dessas tecnologias. Também poderia ser realizado um estudo sobre o impacto das políticas públicas na aceleração da Indústria 4.0. Como última sugestão, a realização de um estudo de caso profundo que acompanhe o processo de implementação, uso e resultados de uma solução das *indtechs* pode ser uma excelente oportunidade para descobrir dores no processo e coletar oportunidades de melhoria.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI. **Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria**: uma contribuição ao debate sobre as políticas de desenvolvimento produtivo. 1. ed. Brasília, 2017.
- ABERNATHY, William J.; CLARK, Kim B.. Innovation: mapping the winds of creative destruction. **Research Policy**, v. 14, n. 1, p. 3-22, fev. 1985.
- AL-DEBEL, Mutaz M; AVISON, David. Developing a unified framework of the business model concept. **European Journal Of Information Systems**, v. 19, n. 3, p. 359-376, jun. 2010.
- AMIT, Raphael; ZOTT, Christoph. Value creation in E-business. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 6-7, p. 493-520, 2001.
- ARNOLD, Christian; KIEL, Daniel; VOIGT, Kai-Ingo. How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries. **International Journal Of Innovation Management**, v. 20, n. 08, p. 1640015, dez. 2016
- BAINES, T. *et al.*, The servitization of manufacturing. **Journal Of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 5, p. 547-567, 5 jun. 2009.
- BRESCHI, Stefano; MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Technological Regimes and Schumpeterian Patterns of Innovation. **The Economic Journal**, v. 110, n. 463, p. 388-410, 1 abr. 2000.
- CHAKRABARTI, Dipankar *et al.* A case study: how did iot start-up distronix change its business model to sustain growth in the pay-per-use economy. **Journal Of Information Technology Teaching Cases**, p. 1-7, 8 abr. 2021.
- CHESBROUGH, Henry; ROSENBLOOM, Richard S. The role of the business model in capturing value from innovation: evidence from xerox corporation's technology spin-off companies. **Industrial And Corporate Change**, v. 11, n. 3, p. 529-555, 1 jun. 2002.
- CHESBROUGH, Henry. Business model innovation: it's not just about technology anymore. **Strategy & Leadership**, v. 35, n. 6, p. 12-17, 13 nov. 2007.
- CHRISTENSEN, Clayton M. **The Innovator's Dilemma**: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston: Harvard Business Review Press, 1997.
- CNI. **A Difusão das Tecnologias da Indústria 4.0 em Empresas Brasileiras**. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/9/difusao-das-tecnologias-da-industria-40-em-empresas-brasileiras/>>. Acesso em: 11 maio 2021.
- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20%C3%A0%20Industria%204.0.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- COHEN, Susan L.; BINGHAM, Christopher B.; HALLEN, Benjamin L.. The Role of Accelerator Designs in Mitigating Bounded Rationality in New Ventures. **Administrative Science Quarterly**, v. 64, n. 4, p. 810-854, 23 jul. 2018.
- CORBIN, Juliet M.; STRAUSS, Anselm. Grounded theory research: procedures, canons, and evaluative criteria. **Qualitative Sociology**, v. 13, n. 1, p. 3-21, 1990.
- DALENOGARE, Lucas Santos *et al.* The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal Of Production Economics**, v. 204, p. 383-394, out. 2018.

DELOITTE. **Forces of change: Industry 4.0.** 2017. Disponível em: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4323\\_Forces-of-change/4323\\_Forces-of-change\\_Ind4-0.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4323_Forces-of-change/4323_Forces-of-change_Ind4-0.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2021.

DELOITTE. **Toward the next horizon of Industry 4.0: Accelerating transformation through collaborations and startups.** 2018. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/building-capabilities-through-collaborations-startups.html>>. Acesso em: 27 set. 2021.

DISTRITO. **Corrida de Unicórnios: Report 2021.** 2021a. Disponível em: <<https://conteudo.districto.me/unicornios>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

DISTRITO. **Industry 4.0: Report 2021.** 2021b. Disponível em: <<https://materiais.districto.me/industria-4.0-report>>. Acesso em: 10 maio 2021.

EISENHARDT, Kathleen. Building Theories from Case Study Research. **Academy Of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, out. 1989.

FERRÁS-HERNÁNDEZ, Xavier *et al.* The New Manufacturing: in search of the origins of the next generation manufacturing start-ups. **International Journal Of Innovation And Technology Management**, v. 16, n. 02, p. 1950014, abr. 2019.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da Pesquisa Científica.** Ceará: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

FONSECA, Thiago dos Santos da. **Desenvolvimento e Validação de Métodos de Sensoamento Visual Aplicados a Instrumentação de Processos no Contexto da Indústria 4.0.** 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/7726/THIAGO.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

FRANK, Alejandro Germán; DALENOGARE, Lucas Santos; AYALA, Néstor Fabián. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal Of Production Economics**, v. 210, p. 15-26, abr. 2019.

GALINDO, Miguel-Ángel; MÉNDEZ, María Teresa. Entrepreneurship, economic growth, and innovation: are feedback effects at work?. **Journal Of Business Research**, v. 67, n. 5, p. 825-829, maio 2014.

GARCIA, Rosanna; CALANTONE, Roger. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. **Journal Of Product Innovation Management**, v. 19, n. 2, p. 110-132, mar. 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa.** 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52806/000728684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 maio 2021.

GHEZZI, Antonio; CAVALLO, Angelo. Agile Business Model Innovation in Digital Entrepreneurship: lean startup approaches. **Journal of Business Research**, v. 110, p. 519-537, mar. 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIOIA, Dennis A.; CORLEY, Kevin G.; HAMILTON, Aimee L.. Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research. **Organizational Research Methods**, v. 16, n. 1, p. 15-31, 24 jul. 2012.

GLASER, Barney; STRAUSS, Anselm. **The Discovery of Grounded Theory: strategies for qualitative research.** New Jersey: Aldine, 1967.

GRININ, Leonid E.; GRININ, Anton L.; KOROTAYEV, Andrey. Forthcoming Kondratieff wave, Cybernetic Revolution, and global ageing. **Technological Forecasting And Social Change**, v. 115, p. 52-68, fev. 2017.

HAHN, Gerd. Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. **International Journal Of Production Research**, v. 58, n. 5, p. 1425-1441, 23 jul. 2019.

HARGROVES, Karlson; SMITH, Michael Harrison. Natural Advantage of Nations: A critical mass of enabling technologies. In: HARGROVES, Karlson; SMITH, Michael Harrison. **Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovations and Governance in the 21st Century.** Londres: Earthscan, 2005. Cap. 1. p. 16-20.

HARTMANN, Philipp Max *et al.* Capturing value from big data – a taxonomy of data-driven business models used by start-up firms. **International Journal Of Operations & Production Management**, v. 36, n. 10, p. 1382-1406, 3 out. 2016.

HENRY, Marvin *et al.* A typology of circular start-ups: an analysis of 128 circular business models. **Journal Of Cleaner Production**, v. 245, p. 118528, fev. 2020.

HOFFMANN, Thomas; PRAUSE, Gunnar. On the Regulatory Framework for Last-Mile Delivery Robots. **Machines**, v. 6, n. 3, p. 33, 1 ago. 2018.

IBARRA, Dorleta; GANZARAIN, Jaione; IGARTUA, Juan Ignacio. Business model innovation through Industry 4.0: a review. **Procedia Manufacturing**, v. 22, p. 4-10, 2018.

INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION MANAGEMENT, ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY, 5., 2017, Prague. **Startups Role in National Industry 4.0 Implementation.** Prague: Vysoká škola ekonomická v Praze, 2017. Disponível em: [https://imes.vse.cz/wp-content/uploads/2015/08/Conference\\_Proceedings\\_IMES\\_2017.pdf](https://imes.vse.cz/wp-content/uploads/2015/08/Conference_Proceedings_IMES_2017.pdf). Acesso em: 25 set. 2021.

KACZAM, Fabíola *et al.* Establishment of a typology for startups 4.0. **Review of Managerial Science**, 17 abr. 2021.

KAGERMANN, Henning *et al.* **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: securing the future of german manufacturing industry final report of the industrie 4.0 working group.** Forschungsunion: Acatech – National Academy Of Science And Engineering, 2013. 82 p. Disponível em: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2021.

KAINDE, Quido Conferti; BATMETAN, Johan Reimon. Digital Business Model for Digital Startup in Industrial Era 4.0. **International Journal Of Advanced Trends In Computer Science And Engineering**, p. 177-181, 15 nov. 2019.

KIEL, Daniel; ARNOLD, Christian; VOIGT, Kai-Ingo. The influence of the Industrial Internet of Things on business models of established manufacturing companies: a business level perspective. **Technovation**, v. 68, p. 4-19, dez. 2017.

KONDRATIEFF, Nikolai D. **The Long Waves in Economic Life.** The Review Of Economics And Statistics. The MIT Press, v. 17, n. 6, p.105-115, nov. 1935. Disponível em: <http://threecrises.org/wp-content/uploads/2015/01/Long-Waves-in-Economic-Life.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.

LEE, Jay; KAO, Hung-An; YANG, Shanhu. Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment. **Procedia Cirp**, v. 16, p. 3-8, 2014.

LIGA VENTURES. **Liga Insights Indústria 4.0.** 2020. Disponível em: <<https://insights.liga.ventures/estudos-completos/industria-4-0-report/>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

LU, Yang. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. **Journal Of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1-10, jun. 2017.

MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. **Research Policy**, v. 25, n. 3, p. 451-478, maio 1996.

MCKINSEY & COMPANY. **Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19.** 2020. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

MCKINSEY & COMPANY. **Traditional company, new business: the pairing that can ensure an incumbent's survival.** 2019a. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/traditional-company-new-businesses-the-pairing-that-can-ensure-an-incumbents-survival>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

MCKINSEY & COMPANY. **Transformações digitais no Brasil: Insights sobre o nível de maturidade digital das empresas no país.** 2019b. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/br/~ /media/mckinsey/locations/south%20america/brazil/our%20insights/tranformacoes%20digitais%20no%20brasil/transformacao-digital-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2021.

MONOSTORI, László. Cyber-physical Production Systems: roots, expectations and r&d challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014.

MONT, O.K. Clarifying the concept of product–service system. **Journal Of Cleaner Production**, v. 10, n. 3, p. 237-245, jun. 2001.

MOORE, Geoffrey Alexander. **Crossing the Chasm:** marketing and selling disruptive products to mainstream customers. 3. ed. New York: Harper Business, 2014.

MORRIS, Michael; SCHINDEHUTTE, Minet; ALLEN, Jeffrey. The entrepreneur's business model: toward a unified perspective. **Journal Of Business Research**, v. 58, n. 6, p. 726-735, jun. 2005.

MÜLLER, Julian Marius; BULIGA, Oana; VOIGT, Kai-Ingo. Fortune favors the prepared: how smes approach business model innovations in industry 4.0. **Technological Forecasting And Social Change**, v. 132, p. 2-17, jul. 2018.

MÜLLER, Julian Marius; DÄSCHLE, Simon. Business Model Innovation of Industry 4.0 Solution Providers Towards Customer Process Innovation. **Processes**, v. 6, n. 12, p. 260-279, 10 dez. 2018.

OECD. **Oslo Manual:** guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3. ed. Paris, 10 nov. 2005. Disponível em: <[https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual\\_9789264013100-en](https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual_9789264013100-en)>. Acesso em: 22 abr. 2021.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. An e-Business Model Ontology for Modeling e-Business. In: BLED ELECTRONIC COMMERCE CONFERENCE E-REALITY: CONSTRUCTING THE E-ECONOMY, 15., 2002, Bled: Electronic Commerce Conference, 2002. p. 1-12.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business Model Generation:** inovação em modelo de negócios. Alta Books, 2011.

PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal Of Economics**, v. 34, n. 1, p. 185-202, 15 set. 2010.

PISCHING, Marcos A. *et al.* Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0. In: DOCTORAL CONFERENCE ON COMPUTING, ELECTRICAL AND INDUSTRIAL SYSTEMS, 2015, Cham. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**. Cham: Springer International Publishing, 2015.

POSADA, Jorge *et al.* Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. **IEEE Computer Graphics And Applications**, v. 35, n. 2, p. 26-40, mar. 2015.

PUKALA, Ryszard. Start-Ups as One of the Elements Triggering the Development of Industry 4.0. **Matec Web Of Conferences**, v. 297, p. 08002, 2019.

PWC. **How industry leaders build integrated operations ecosystems to deliver end-to-end customer solutions.** 2018. Disponível em: <<https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/industry4-0.html>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

PWC. **Indústria 4.0: Digitalização como vantagem competitiva no Brasil.** 2016. Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

REIS, Edna Afonso; REIS, Ilka Afonso. **Análise Descritiva de Dados.** Relatório Técnico do Departamento de Estatística da UFMG, 2002. Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/rte0202.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2021.

RICHTER, Nancy; JACKSON, Paul; SCHILDHAUER, Thomas. Entrepreneurial Behaviour and Startups: the case of Germany and the USA. **Entrepreneurial Innovation And Leadership**, p. 1-14, 2018.

RIES, Eric. **Lean Startup: how constant innovation creates radically successful businesses.** New York: Crown Business, 2011. 336 p.

ROCHA, Clarissa Figueredo; MAMÉDIO, Diórgenes Falcão; QUANDT, Carlos Olavo. Startups and the innovation ecosystem in Industry 4.0. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 31, n. 12, p. 1474-1487, 11 jun. 2019.

SCHUH, Günther *et al.* **Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies.** Acatech – National Academy Of Science And Engineering, Munich, 2020. Disponível em: <<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>>. Acesso em: 10 maio 2021.

SCHUMPETER, Joseph A. **The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle.** New Brunswick: Transaction Publishers, 1934.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Business Cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process.** New York/ Toronto/ Londres: McGraw-Hill, 1939. Disponível em: <<https://www.mises.at/static/literatur/Buch/schumpeter-business-cycles-a-theoretical-historical-and-statistical-analysis-of-the-capitalist-process.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2021.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution.** Genebra: World Economic Forum, 2016. 172 p. Disponível em: <[https://law.unimelb.edu.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/3385454/Schwab-The\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution\\_Klaus\\_S.pdf](https://law.unimelb.edu.au/__data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. Disponível em: <<http://cursos.unipampa.edu.br/cursos/ppgcb/files/2011/03/Metodologia-da-Pesquisa-3a-edicao.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2021.

SORESCU, Alina. Data-Driven Business Model Innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 34, n. 5, p. 691-696, 27 jun. 2017.

STARTUP GENOME. **The Global Startup Ecosystem Report: GSER 2020**. 2020. Disponível em: <<https://startupgenome.com/report/gser2020>>. Acesso em: 29 abr. 2021.

STEININGER, Dennis. Linking information systems and entrepreneurship: a review and agenda for it-associated and digital entrepreneurship research. **Information Systems Journal**, v. 29, n. 2, p. 363-407, 3 ago. 2018.

VANDERMERWE, Sandra; RADA, Juan. Servitization of business: adding value by adding services. **European Management Journal**, v. 6, n. 4, p. 314-324, dez. 1988.

WANG, Yi *et al.* Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. **Advances In Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 311-320, 28 nov. 2017.

WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim B. **Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality**. New York: The Free Press. 1992.

WONGLIMPIYARAT, Jarunee. The nano-revolution of Schumpeter 's Kondratieff cycle. **Technovation**, v. 25, n. 11, p. 1349-1354, nov. 2005.

XU, Li da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal Of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 9 mar. 2018.

YAO, Xifan *et al.* Smart manufacturing based on cyber-physical systems and beyond. **Journal Of Intelligent Manufacturing**, v. 30, n. 8, p. 2805-2817, 28 dez. 2017.

YIN, Robert. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZHONG, Ray Y. *et al.* Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, out. 2017.

## ANEXO I – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

1. Quais são os setores econômicos que vocês atendem?
2. Dentro desses setores, quais segmentos de empresas vocês atendem?
3. Qual é o segmento que representa maior faturamento para a startup?
4. Você considera que os segmentos têm necessidades e problemas similares ou diferentes?
5. Em que fase a sua startup está? Tem product-market fit?
6. Quais são os produtos e serviços ofertados para esse público de maior faturamento?
7. Quais são os modelos de receita dessa solução?
8. Como é o relacionamento da startup com os seus clientes do segmento foco?
  
9. Qual é o diferencial da sua empresa? Por que um cliente escolheria a sua startup e não outra empresa concorrente?
10. Por que vocês escolheram esse diferencial?
11. Quais são as tecnologias da Indústria 4.0 que sua solução principal utiliza?
12. Por que vocês escolheram utilizar essas tecnologias?
13. Quais desafios vocês encontraram na utilização dessas tecnologia?
14. O que ajudaria a startup a superar esses desafios?
15. Para o futuro, vocês pretendem utilizar outras tecnologias da Indústria 4.0? Quais e por quê?
16. Você pode comentar um pouco sobre a estratégia tecnológica de longo prazo da startup?
17. Em termos de indicadores (produtividade, desperdícios...) qual é o principal resultado gerado pela sua solução?
18. Como a sua solução tem contribuído para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil ou no segmento de mercado que vocês atuam?
19. Você considera a sua startup inovadora? Sim, em que sentido? ou Por que não?

## ANEXO II – QUADRO RESUMO DAS STARTUPS DA AMOSTRA VÁLIDA

Fase	Oferta	Solução
Escala	Software	Produtos que aplicam Inteligência Artificial e <i>Advanced Analytics</i> para obter informações estratégicas, otimizar processos e gerir ativos.
Operação	Hardware Software Consultoria	+ Plataforma que apresenta indicadores industriais para a tomada de decisão. Os dados são coletados pelo hardware da startup e abordam a produção, manutenção, energia e sustentabilidade.
Escala	Hardware Software Consultoria	Oferece diversas soluções como historiadores, soluções em nuvem com a aplicação de Inteligência Artificial, APIs, serviços de análise de dados, de automação e integração do chão de fábrica.
Tração	Hardware Software	+ Oferecem uma ferramenta multifuncional para a automatização de veículos e aumento de produtividade de processos.
Escala	Software Consultoria	+ Plataforma para a gestão da manutenção e de ativos fixos. Conta com a gestão de equipes, documentos, equipamentos voltantes, insumos, KPIs entre outros.
Tração	Software	Plataforma de dados para processos industriais que se conecta a diversas bases e fontes de dados, traz visibilidade para os processos, aplica algoritmos de <i>Machine Learning</i> para a geração de insights e otimizações e apoia na execução de planos de ação.
Tração	Hardware Software	+ Solução que possibilita a gestão energética das empresas baseada em ciência de dados. O objetivo é dar visibilidade ao consumo de energia elétrica, explicitando oportunidades de melhoria e apoiando tomadores de decisão em seu dia a dia.
Tração	Software Consultoria	+ Sistema baseado em <i>Big Data</i> e <i>Machine Learning</i> para a otimização e monitoramento de processos. Permite identificar processos, oportunidades de melhorias, gerar notificações, análises preditivas, de causa e benchmarking.
Escala	Software Consultoria	+ Software especialista em planejamento e execução da produção.
Escala	Hardware Software Consultoria	+ Solução para controle da qualidade e de produção. Apoia na identificação de não conformidades, disponibiliza informação em tempo real, traz visibilidade para os processos e auxilia na tomada de decisão com KPIs e dashboards.



Escala	Hardware Software	+ Oferecem soluções de monitoramento de energia com medidores que coletam dados sobre o consumo e um software de gestão energética para consumidores, unidades de geração e de distribuição.
Operação	Hardware Software	+ Solução que monitora telas de peneiramento apontando desgastes e rompimentos em tempo real. Apresentam dados históricos e análises em dashboards, gráficos e interface de controle gerencial.
Tração	Hardware Software	+ Solução de controle da produção com monitoramento em tempo real, planejamento da produção, identificação de gargalos e automação.
Tração	Hardware Software Serviço de Engenharia (Desenvolvimento ou Customização de Software)	+ + de Plataforma baseada em Inteligência Artificial que traz insights para a operação de mineradoras. Traz previsibilidade de resultados, otimização de processos e simulações para o apoio à tomada de decisão. Foco da solução é em aumento da produtividade, redução de custos, sustentabilidade e segurança.
Operação	Hardware Software	+ Solução que conecta máquinas e pessoas trazendo informações sobre a produtividade, rastreamento e georreferenciamento. Fornece relatórios e painéis gerenciais.
Tração	Hardware Software	+ Sistema que ajuda a tomada de decisão da produção, traz previsões de falhas, indicadores e faz a automatização da execução do que foi decidido. Permite o controle avançado e simulação de processos industriais.
Escala	Hardware Software	+ Solução para o monitoramento de temperatura, localização e umidade de produtos perecíveis na cadeia de distribuição. Aplicável em pontos fixos, embalagens e automóveis para transporte de carga. Traz inteligência de dados, relatórios, alertas em tempo real, redução de custos e de perdas.
Tração	Hardware Software Consultoria	+ + Solução para controle de eficiência da indústria, acompanhando a melhoria contínua a partir da coleta automática de dados. Contém painéis de gestão à vista, módulos para inserir apontamentos e insights com <i>business intelligence</i> .
Operação	Software	Sistema de gestão baseado em Inteligência Artificial e <i>Machine Learning</i> .