

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS
NÍVEL DOUTORADO**

CRISTINA ORSOLIN KLINGENBERG

**PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DA
INDÚSTRIA 4.0 NA CADEIA DE VALOR**

São Leopoldo

2020

CRISTINA ORSOLIN KLINGENBERG

**PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DA
INDÚSTRIA 4.0 NA CADEIA DE VALOR**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

São Leopoldo

2020

K65p Klingenberg, Cristina Orsolin.
Proposta de um *framework* para análise dos impactos da Indústria 4.0 na cadeia de valor / por Cristina Orsolin Klingenberg. – 2020.
262 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2020.
“Orientador: Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior”.

1. Cadeia de valor. 2. Indústria 4.0. 3. Transformação digital. I. Título.

CDU: 658.5

Ao meu marido, Denis, que me apoiou incondicionalmente ao longo deste projeto, tornando-o possível e prazeroso. Aos meus filhos, Marco e Pedro, que me incentivaram em todos os momentos, mas, principalmente, a concluir. Aos meus pais, que me ensinaram o valor da educação e do trabalho. Vocês são meus amores e parceiros de sempre.

AGRADECIMENTOS

Muitas foram as contribuições que recebi no desenvolvimento deste trabalho. Sem elas eu não teria completado a tarefa.

Agradeço ao meu orientador, Professor Junico Antunes, que se concentrou em indicar a direção e me manter na rota, mas deixou para mim a direção do projeto, o que, sem dúvida alguma, contribuiu muito para o meu crescimento.

Agradeço especialmente ao meu marido, Denis, que me auxiliou desde a definição do tema desta tese até a revisão crítica do texto final. Entremeio, ele se afastou da sua vida profissional no Brasil para me acompanhar no Doutorado Sanduíche na Alemanha e cuidar para que a nossa família tivesse uma experiência completa.

Agradeço ao Prof. Gordon Müller-Seitz, meu orientador durante o período de doutorado sanduíche na Alemanha. Mais do que viabilizar este trabalho, ele me fez sentir-me em casa em uma nação tão diferente da nossa. *Dankeschön*.

Agradeço ao amigo e colega Professor Marco Antônio Borges, que durante meses discutiu semanalmente comigo o tema desta tese. A 'maturação' do projeto se deu nesses agradáveis encontros em cafés de Porto Alegre.

Agradeço à amiga e colega Professora Janaína Ruffoni, que sempre me ouviu e contribuiu com questões muito pertinentes à pesquisa.

Agradeço ao Sr. José Rad, que conhecedor da cadeia de valor da agricultura, foi parte fundamental na viabilização dos acessos às empresas para a realização do estudo de caso. Além disso, participou ativamente de algumas etapas da pesquisa.

Agradeço aos profissionais das empresas participantes do estudo de caso: SLC Agrícola, John Deere, Bayer, Yara e Arpac, que gentilmente me atenderam e dedicaram parte do seu valioso tempo a responder aos questionamentos desta pesquisa.

Agradeço à CAPES por apoiar financeiramente o Doutorado Sanduíche na Alemanha.

Finalmente, agradeço aos diversos professores, colegas, amigos e familiares que colaboraram com ideias, questionamentos, contatos e palavras de incentivo.

“[...] o objetivo da ciência é tornar o maravilhoso e o complexo compreensível e simples, mas não menos maravilhoso.” (SIMON, 1996, p. X).

RESUMO

A Indústria 4.0 (I4.0) impactará as cadeias de valor de tal forma que será necessário repensar os negócios e o cenário competitivo. Para definirem estratégias relacionadas ao fenômeno, as organizações devem olhar mais amplamente para ele, tentando entender seu impacto na criação de valor. Utilizando o método *Design Science Research* (DSR), esta pesquisa propõe um *framework* para que empresas e governos possam discutir e aprender sobre os impactos da I4.0 nas cadeias de valor. O artefato é composto por cinco blocos de análise. Os dois primeiros blocos, *ambiente de mudanças* e *nova proposição de valor*, são contextuais, para que se compreenda os aspectos que estão direcionando a transformação. O terceiro bloco – Indústria 4.0 – é dedicado à discussão dos conceitos e tecnologias da I4.0 aplicados à cadeia em questão. O quarto bloco, cadeia de valor, é o centro da análise, pois destina-se à compreensão dos impactos esperados nos diferentes elementos, do processo de criação de valor: *atividades*, *fluxos*, *atores* e *governança*. No último bloco – captura de valor – discute-se os efeitos da transformação da cadeia na apropriabilidade pelos participantes do processo de criação de valor. A contribuição prática desta tese é a proposição do artefato para guiar os profissionais na discussão e aprendizado sobre os impactos da I4.0 nas cadeias de valor. Academicamente o trabalho apresenta avanços no campo de estudos de cadeia de valor por considerar quatro dimensões do construto e por propô-lo para analisar transformação ao invés de performance. Além disso, contribui para o método de pesquisa DSR, com a sugestão de um método de análise de entrevistas com especialistas.

Palavras-chave: Cadeia de valor. Indústria 4.0. Transformação digital.

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) will impact the value chains in such a way that it will be necessary to rethink business and the competitive landscape. To define strategies related to the phenomenon, organizations must look more broadly at it, trying to understand its impact on value creation. Using the Design Science Research (DSR) method, this research proposes a framework for companies and governments to discuss and learn about the impacts of I4.0 on value chains. The artifact consists of five blocks of analysis. The first two blocks, *changing environment* and *new value proposition*, are contextual, so that the aspects that are driving the transformation are understood. The third block – *Industry 4.0* – is dedicated to the discussion of I4.0 concepts and technologies applied to the chain being analyzed. The fourth block, the value chain, is the center of the analysis, as it aims to understand the expected impacts on the different elements of the value creation process: *activities*, *flows*, *actors* and *governance*. In the last block – *value capture* – the effects of the transformation of the chain on appropriability by the participants in the value creation process are discussed. The practical contribution of this thesis is the proposition of the artifact to guide professionals in the discussion and learning about the impacts of I4.0 on the value chains. Academically, the work presents advances in the field of value chain studies for considering four dimensions of the construct and for proposing it to analyze transformation instead of performance. In addition, it contributes to the DSR research method, with the suggestion of a method of analyzing interviews with specialists.

Key-words: Value Chain. Industry 4.0. Digital Transformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O conceito tradicional de mercado	29
Figura 2 - Tipos de competição pela captura do valor.....	32
Figura 3 - Complementaridade <i>versus</i> mobilidade	34
Figura 4 - Cadeia de valor	36
Figura 5 - Matriz de valor: construindo relacionamentos	39
Figura 6 - Dois padrões na migração de inteligência	40
Figura 7 - Exemplo de uma <i>netchain</i> genérica	46
Figura 8 - Interesse pelos termos no mundo	49
Figura 9 - Grupos por função de valor.....	57
Figura 10 - Conhecimentos envolvidos na <i>Design Science Research</i>	73
Figura 11 - Método de análise das percepções dos especialistas	82
Figura 12 - Diagrama simplificado da cadeia de valor do agronegócio	87
Figura 13 - Foco do estudo de caso	90
Figura 14 - Relacionamento entre os processos de valor	101
Figura 15 - Versão F0 do artefato	104
Figura 16 - Versão F1 do artefato	108
Figura 17 - Evolução do artefato da versão F0 para a F1	109
Figura 18 - Versão F2 do artefato	135
Figura 19 - Evolução do artefato da versão F1 para a F2	137
Figura 20 - O negócio da SLC Agrícola.....	140
Figura 21 - Composição do custo de produção.....	141
Figura 22 - Individualização do cultivo – do talhão para a planta	161
Figura 23 - Competição pela captura do valor.....	197
Figura 24 - Versão F3 do artefato	204
Figura 25 - Versão F4 do artefato	212
Figura 26 - Resumo do processo de criação e avaliação do artefato.....	214
Figura 27 - As cinco versões do <i>framework</i>	219

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Interesse ao longo do tempo	49
Gráfico 2 - Crescimento de área plantada e de produção de grãos no Brasil	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Levantamentos com empresas sobre a Indústria 4.0.....	17
Quadro 2 - Ambiente de mudanças da cadeia de valor da agricultura.....	154
Quadro 3 - Novas proposições de valor da cadeia de valor da agricultura	160
Quadro 4 - A Indústria 4.0 no contexto da agricultura	163
Quadro 5 - Impactos da I4.0 nas <i>atividades</i> da cadeia de valor da agricultura	175
Quadro 6 - Impactos da I4.0 nos <i>fluxos</i> da cadeia de valor da agricultura.....	180
Quadro 7 - Impactos da I4.0 nos <i>atores</i> da cadeia de valor da agricultura	186
Quadro 8 - Impactos da I4.0 na <i>governança</i> da cadeia de valor da agricultura	192
Quadro 9 - A captura de valor em razão das mudanças na cadeia de valor	199
Quadro 10 - Exemplos das relações entre os elementos do <i>framework</i>	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cadeia de valor versus rede de produção.....	45
Tabela 2 - Agrupamento das tecnologias por função de dados	56
Tabela 3 - Objetivos e benefícios da I4.0	59
Tabela 4 - Principais impactos do produto conectado e inteligente nas atividades da cadeia de valor	64
Tabela 5 - Impactos da I4.0 na cadeia de valor identificados na literatura.....	70
Tabela 6 - Métodos para avaliação dos artefatos.....	74
Tabela 7 - Etapas da pesquisa.....	77
Tabela 8 - Especialistas consultados	80
Tabela 9 - Empresas participantes do estudo de caso.....	91
Tabela 10 - Profissionais que avaliaram o protocolo de entrevistas.....	92
Tabela 11 - Áreas de cada empresa indicadas para a pesquisa.....	94
Tabela 12 - Entrevistados no estudo de caso	95
Tabela 13 - Participantes do grupo focal.....	98
Tabela 14 - Elementos da cadeia de valor identificados na literatura	103
Tabela 15 - Elementos e componentes do <i>framework</i> – F1	107
Tabela 16 - Número de citações de cada uma das categorias	111
Tabela 17 - Ações definidas em cada categoria de Conteúdo.	111
Tabela 18 - Ações definidas em cada categoria de processo de desenvolvimento	121
Tabela 19 - Desdobramentos da etapa de consulta aos especialistas.....	134
Tabela 20 - Elementos e atributos do <i>framework</i> – F2.....	138
Tabela 21 - Dados estão transformando a maneira como os produtores operam...	159
Tabela 22 - Tecnologias da I4.0 citadas nas entrevistas.....	162
Tabela 23 - Trechos de entrevistas sobre o impacto nas competências	184
Tabela 24 - Parcerias em soluções digitais entre os líderes do mercado de insumos	189
Tabela 25 - Elementos e atributos do <i>framework</i> – F3.....	205

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AI	<i>Artificial Intelligence</i>
ACATECH	<i>National Academy of Science and Engineering</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
BD	<i>Big Data</i>
BDA	<i>Big Data Analytics</i>
CC	<i>Cloud Computing</i>
CIM	<i>Computed Integrated Manufacturing</i>
CPS	Sistemas Cyber-Físicos
DFKI	<i>Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i>
EIC	Estratégia, Inovação e Cooperação
I4.0	Indústria 4.0
AI	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet das Coisas</i>
M&V	Marketing e Vendas
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio
MTO	<i>Man, Technology, Organization</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
OBP	<i>Outcome Based Price</i>
PCP	Planejamento e Controle da Produção
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
TI	Tecnologia de Informação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
1.3 JUSTIFICATIVA	22
1.3.1 Contexto da Prática	22
1.3.2 Contexto Acadêmico	23
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	24
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	26
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1 CADEIA DE VALOR.....	27
2.1.1 Processos de Valor	27
2.1.1.1 Proposição de Valor	28
2.1.1.2 Criação de Valor.....	29
2.1.1.3 Captura de Valor	30
2.1.2 Cadeia de Valor como Estrutura para a Criação de Valor	35
2.1.2.1 Cadeias de Valor como Atividades Internas à Firma.....	35
2.1.2.2 Cadeias de Valor para além da Firma	37
2.1.2.2.1 <i>Cadeias de Valor Virtuais</i>	38
2.1.2.2.2 <i>Redes de Valor</i>	41
2.1.2.2.3 <i>Cadeias de Valor Globais</i>	42
2.1.2.3 Outros Construtos relacionados à Cadeia de Valor	44
2.2 A INDÚSTRIA 4.0.....	48
2.2.1 Características Centrais da I4.0	51
2.2.2 Tecnologias da Indústria 4.0	52
2.2.3 Benefícios da Indústria 4.0	59
2.3 A INDÚSTRIA 4.0 E A CADEIA DE VALOR.....	61
2.3.1 A Cadeia de Valor como ‘Local’ onde Acontecerão as Mudanças	61
2.3.2 Mudanças Esperadas na Cadeia de Valor	62
3 METODOLOGIA	72
3.1 MÉTODO DE PESQUISA	72

3.1.1 Caracterização da Pesquisa	72
3.1.2 Critérios de Qualidade da Pesquisa	75
3.2 MÉTODO DE TRABALHO	76
3.2.1 Criação do Artefato	77
3.2.1.1 Revisão da Literatura	77
3.2.1.2 Interação com Acadêmicos	78
3.2.1.3 Consulta a Especialistas	79
3.2.1.3.1 <i>Coleta de Dados</i>	79
3.2.1.3.1 <i>Análise de Dados</i>	81
3.2.1.4 Estudo de Caso	83
3.2.1.4.1 <i>Seleção do Caso</i>	83
3.2.1.4.2 <i>Definição do Escopo do Estudo</i>	86
3.2.1.4.3 <i>Coleta de Dados</i>	91
3.2.1.4.4 <i>Análise de Dados</i>	96
3.2.2 Avaliação do Artefato	97
4 PROPOSIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	100
4.1 PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO	100
4.1.1 Conhecimentos Descritivo e Prescritivo Existentes – Versão F0	100
4.1.1.1 Versão F0 do Artefato	104
4.1.2 Interações com Acadêmicos – Versão F1	104
4.1.2.1 Versão F1 do Artefato	108
4.2 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO	110
4.2.1 Consulta a Especialistas – Versão F2	110
4.2.1.1 Análise, Ações e Desdobramentos	110
4.2.1.1.1 <i>Conteúdo</i>	111
4.2.1.1.2 <i>Processo de Desenvolvimento</i>	121
4.2.1.2 Versão F2 do Artefato	135
4.2.2 Estudo de Caso na Cadeia de Valor da Agricultura – Versão F3	139
4.2.2.1 Empresas Participantes do Estudo	139
4.2.2.1.1 <i>SLC Agrícola S.A.</i>	139
4.2.2.1.2 <i>Deere & Company S.A.</i>	142
4.2.2.1.3 <i>Bayer S.A.</i>	143
4.2.2.1.4 <i>Yara S.A.</i>	145
4.2.2.1.5 <i>Arpac</i>	146

4.2.2.2 Impactos da I4.0 na Cadeia de Valor da Agricultura	147
4.2.2.2.1 Ambiente de Mudanças.....	148
4.2.2.2.2 Nova Proposição de Valor.....	154
4.2.2.2.3 Indústria 4.0.....	160
4.2.2.2.4 Atividades.....	164
4.2.2.2.5 Fluxos.....	176
4.2.2.2.6 Atores.....	180
4.2.2.2.7 Governança.....	186
4.2.2.2.8 Captura de Valor	192
4.2.2.3 Relações entre os elementos da cadeia de valor	199
4.2.2.4 Versão F3 do Artefato	203
4.3 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO.....	205
4.3.1 Análise da Avaliação do Artefato pelo Grupo Focal – Versão F4	206
4.3.1.1 Utilidade	206
4.3.1.1 Qualidade	209
4.3.1.2 Versão F4 do Artefato	212
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	216
5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	221
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	222
REFERÊNCIAS.....	225
APÊNDICE A – PROTOCOLO DE ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS	253
APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTAS DO ESTUDO DE CASO.....	254
APÊNDICE C – GUIA DE USO DO <i>FRAMEWORK</i>.....	257
APÊNDICE D – GUIA DE USO DO <i>FRAMEWORK APÓS GRUPO FOCAL</i>.....	260

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da competição e a convergência de um conjunto de tecnologias estão transformando o ambiente competitivo e impactando a forma como as empresas se organizam, bem como as atividades que desempenham. (BAUR; WEE, 2015; PORTER; HEPPELMANN, 2014; SAUTER; BODE; KITTELBERGER, 2015). As transformações ocorridas em algumas indústrias no início deste século têm chamado a atenção pelo seu caráter disruptivo, justificando, muitas vezes, a adoção do termo revolução. Há alguns anos as indústrias de mídia e entretenimento, por exemplo, mudaram completamente com o lançamento de serviços como o *iTunes* e *Netflix*. (ANDERSON, 2006). Mais recentemente, o setor bancário tem sido desafiado pelo surgimento das chamadas *fintechs*, que prestam serviços financeiros a partir de uma lógica diferente, como o *Nubank*, por exemplo. (ARNER; BARBERIS; BUCKLEY, 2015; LEE; SHIN, 2018). São empresas que se utilizaram de um conjunto de tecnologias digitais habilitadoras para redefinir os negócios em determinadas áreas.

Nos últimos 250 anos, os sistemas produtivos passaram por diversas transformações relacionadas ao produto ('o que' produz), ao processo ('como' produz), ao local de produção ('onde' produz) e ao responsável pela produção ('quem' produz). Algumas dessas mudanças causaram impactos importantes na economia e na sociedade, e foram caracterizadas como 'revoluções industriais'. O termo 'revolução industrial' foi popularizado com a publicação, em 1884, das palestras do economista Arnold Toynbee sobre as mudanças do período de 1760 a 1840 (DEANE, 1979), embora alguns autores alemães e franceses já o tenham usado no início de século XVIII. (BEZANSON, 1922). Ao longo da história a expressão tem sido utilizada para definir períodos de mudanças tecnológicas com alto impacto na economia e na sociedade. Apesar de o número não ser definido ao certo, muitos autores referem-se a três revoluções industriais. A Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, está relacionada à utilização da energia a vapor, que possibilitou várias aplicações em muitos setores. (DEANE, 1979; LANDES, 2003). A Segunda Revolução Industrial, no início do século XX, está ligada à produção em massa e à eletricidade, que tiveram efeitos em muitas indústrias: de transporte, de transformação e de bens de consumo. As tecnologias da informação e a eletrônica foram responsáveis pela Terceira Revolução Industrial, na década de

1970, trazendo automação para a fábrica e escritórios e mudando uma série de atividades previamente executadas manualmente. (LASI *et al.*, 2014). Todas elas tiveram impactos significativos na forma como as organizações criavam valor, e, por consequência, no cenário competitivo. Perez (2002) explica que as revoluções tecnológicas envolvem a quebra de pressupostos fortemente estabelecidos, gerando mudanças nos critérios e princípios organizacionais.

A combinação de um conjunto de tecnologias digitais, tais como *Internet of Things* (IoT), *Big Data Analytics* (BDA), *Cyber-Physical Systems* (CPS), *Cloud Computing* (CC), *Artificial Intelligence* (AI) entre outras, está sendo considerada por muitos uma nova revolução tecnológica. Essa crença levou alguns pesquisadores da Academia de Ciência Alemã a cunhar, em 2011, o termo Indústria 4.0 (I4.0). A expressão é uma alusão *ex-ante* à Quarta Revolução Industrial. (LASI *et al.*, 2014; SMIT *et al.*, 2016). Inicialmente ela focou a transformação da manufatura, descrevendo a produção digitalizada, conectada e em rede. (KAGERMANN; LUKAS; WAHLSTER, 2011). Hoje o conceito vai além da manufatura e é frequentemente utilizado para descrever a transformação digital dos negócios. A I4.0 define o próximo estágio dos sistemas produtivos, onde os processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e autoconfiguráveis (BRETTEL *et al.*, 2014; SCHNEIDER, 2018), melhorando a eficiência e permitindo a criação de novas fontes de receita. (DALENOGARE *et al.*, 2018; OZTEMEL; GURSEV, 2018; WANG *et al.*, 2017). Por ser um fenômeno nascente, a I4.0 pode ser vista como um *processo* de transformação, no qual a aplicação das tecnologias, muda os negócios. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013)¹.

Reconhecendo o potencial disruptivo das mudanças tecnológicas em curso, as organizações começam a questionar o que fazem e o negócio em que estão inseridas. (GEISSBAUER; VEDSO; SCHRAUF, 2016; PORTER; HEPPELMANN, 2014). Elas buscam entender os possíveis impactos dessas mudanças no seu

¹ Neste trabalho a expressão I4.0 é utilizada para caracterizar a aplicação das tecnologias digitais nos processos empresariais e não para definir o estágio futuro dos sistemas produtivos. Nesse sentido, o termo se assemelha ao que alguns autores denominam transformação digital. Hess *et al.* (2019) explicam que a transformação digital está relacionada às mudanças causadas nos modelos de negócio, nas estruturas organizacionais ou na organização da produção em razão da utilização de tecnologias digitais. Assim, tanto a expressão I4.0, quanto transformação digital são usadas ao longo do trabalho como a aplicação de um conjunto de tecnologias digitais que impactam a forma como as organizações produzem (bens e serviços) e competem. A opção pelo termo I4.0 como principal se deu porque ele caracteriza uma fase mais recente de uma transformação digital que está em curso desde os anos 50. (HEAVIN; POWER, 2018).

processo de criação de valor, para, então, definir uma estratégia em relação à transformação. Essa não é uma tarefa simples, e a presente tese utilizou o *Design Science Research* para propor um artefato² que contribua no processo de discussão e aprendizado sobre esse novo paradigma.

1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA

Os benefícios e ameaças relacionados à quarta revolução industrial são debatidos pela comunidade empresarial, mas as organizações ainda carecem de guias que as auxiliem em como agir. (SCHNEIDER, 2018). Pesquisas a respeito do conhecimento, domínio e aplicação das tecnologias relacionadas mostram que há um descolamento entre o que se espera da I4.0 e o que está sendo feito atualmente. (CNI, 2016; PWC, 2016; DELOITTE, 2018). O Quadro 1 traz de forma resumida os resultados de alguns desses estudos.

Quadro 1 - Levantamentos com empresas sobre a Indústria 4.0

Estudo	Método	Resultado
Deloitte Insights, 2018. The Fourth Industrial Revolution is here—are you ready? (p. 3)	Survey com 1603 altos executivos globais em 19 países das Américas, Ásia e Europa, representantes de organizações com no mínimo USD 1 bi de faturamento, sendo 53% das empresas com mais de USD 5 bi de faturamento.	Os executivos compreendem os benefícios da I4.0, mas estão menos certos sobre como agir para se beneficiar deles.
PwC, 2016. Global Industry 4.0 Survey: Building the digital enterprise	Survey com mais de 2000 altos executivos de diversos ramos industriais, em 26 países, entre nov/2015 e jan/2016. Quase 50% das empresas pesquisadas têm faturamento de mais de EUR 1 bi.	As empresas esperam aumentar significativamente seu nível de digitalização. Apenas 33% se julgaram avançadas nesse quesito em 2016. Cerca de 70% esperam ter processos da cadeia de valor digitalizados até 2020.
CNI, 2016. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira	Survey com 2.225 empresas no Brasil, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes, das indústrias extrativa e de transformação. Período de coleta: 4 a 13 de janeiro de 2016.	As empresas ainda estão se familiarizando com os conceitos da I4.0. Ainda há baixo conhecimento e baixa aplicação das tecnologias digitais.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira *survey* citada no Quadro 1, realizada no mundo todo pela Deloitte, percebe-se que, mesmo em companhias de grande porte há uma lacuna entre a expectativa em relação à I4.0 e a realidade atual das empresas. A pesquisa realizada pela PricewaterhouseCoopers (PwC) em diversos continentes conclui que

² Dresch *et al.* (2015, p.57) definem artefatos como “[...] algo que é construído pelo homem, ou objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações.

as firmas não se consideram avançadas no nível de digitalização, mas esperam evoluir significativamente nos próximos anos. Há que se observar que ambos os estudos foram feitos predominantemente com grandes companhias. Acredita-se que se houvesse uma maior participação na pesquisa de pequenas e médias empresas, as lacunas entre a situação atual e a I4.0 seriam ainda maiores, uma vez que, comparativamente, elas normalmente apresentam níveis mais baixos de digitalização. (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

A terceira pesquisa mostra a situação de empresas Brasileiras, evidenciando que há um longo caminho a ser trilhado para a digitalização da indústria, em razão do baixo conhecimento e da baixa aplicação das tecnologias digitais. A falta de conhecimento sobre a I4.0 é ressaltada no relatório do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio (MDIC) em conjunto com o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) sobre a Manufatura Avançada no Brasil, publicado em 2016. Nele os autores assumem que “o potencial transformador que esta evolução cumulativa tem para a produção é reconhecido mesmo enquanto ainda não conhecemos sua aparência precisa”. (MDIC; MCTIC, 2016).

Tabrizi *et al.* (2019) afirmam que a transformação digital do negócio é prioridade número um dos altos executivos e que a maior parte das iniciativas não atingem seus objetivos. Um estudo sobre transformação digital, realizado pela Mckinsey & Company, mostra que a taxa de sucesso das empresas na transformação digital é de apenas 16%. (DE LA BOUTETIÈRE; MONTAGNER; REICH, 2018)³. Davenport e Westerman (2018) explicam que os gestores devem compreender a transformação digital de uma forma mais ampla, considerando não somente seus recursos internos, mas, também, os movimentos dos clientes e competidores. Os autores salientam que o frenesi em torno das novas tecnologias atrapalha a definição de ‘como’ agir. Westerman (2019) argumenta que a transformação digital não deve ser vista como um projeto, mas sim como uma competência, uma vez que as tecnologias mudam muito mais rápido do que as organizações. Nesse sentido, o aprendizado sobre os impactos das tecnologias digitais nos negócios assume um papel central. Abordagens prescritivas, que

³ Pesquisa *on-line* realizada em 2018, com 1.793 participantes abrangendo diversas regiões, indústrias e tamanhos de empresa. Os autores definem sucesso como um projeto “muito ou completamente bem-sucedido em melhorar o desempenho e equipar a organização para sustentar melhorias ao longo do tempo” (p.13). Tradução livre da autora.

ofereçam métodos para guiar as empresas no processo de discussão a aprendizagem sobre a transformação são importantes e necessárias.

Pesquisas que procuram compreender os impactos da I4.0 nos negócios começam a surgir, mas ainda são predominantemente descritivas e exploratórias (por exemplo Arnold *et al.*, 2016; Weinberger *et al.*, 2016; Gierej, 2017). Recomendações, métodos e esquemas são encontrados principalmente na chamada literatura cinza, tais como relatórios de consultoria, revistas de gestão e publicações de consórcios sobre o tema. Por um lado, estudos sobre modelos de negócios apresentam os possíveis efeitos da I4.0 no nível da firma (por exemplo, Rudtsch *et al.*, 2014; Kiel *et al.*, 2016; Montanus, 2016; Pfisterer *et al.*, 2016; Plattform Industrie 4.0, 2019). Na perspectiva da organização, esses trabalhos discutem como propor, criar e capturar valor e apresentam alguns arquétipos de modelos de negócios. Por outro lado, alguns relatórios setoriais oferecem uma visão da transformação no nível da indústria (por exemplo, World Economic Forum e Accenture, 2016, 2017a, 2017b). Esses trazem as principais tecnologias e necessidades dos clientes como direcionadores das mudanças e destacam novas propostas de valor dentro de um setor.

Contudo, a transformação gerada pela I4.0 vai muito além dos limites de uma empresa ou setor. A UNIDO (2017) afirma que o novo paradigma é mais bem compreendido se abordado de forma sistêmica, e não de forma individual por tecnologia e setor. De fato, as três características centrais da I4.0 definidas por Kagermann *et al.* (2013) – integração vertical, integração horizontal e integração ponta a ponta – deixam clara a necessidade de abordar o tema para além das fronteiras da empresa. As mudanças afetam a configuração da criação de valor ('quem' faz 'o quê', 'onde', 'como' e 'para quem?'), resultando em novas formas de colaboração e competição. As empresas precisam pensar nessa arquitetura para definir estratégias.

Em um nível mais alto de análise, encontra-se a cadeia de valor, que inclui todas as atividades realizadas para levar as soluções ao cliente. Teece (2010) ressalta a importância de os empreendedores e gestores analisarem a cadeia de valor para, então, definir seu modelo de negócio. De fato, o entendimento de que o I4.0 impactará as cadeias de valor é frequente na literatura acadêmica (por exemplo, Kagermann *et al.*, 2013 e Hermann *et al.*, 2015; Ferrantino e Koten, 2019; Strange e Zucchella, 2017) e em relatórios oficiais e de consultoria (por exemplo, McKinsey &

Company, 2015, 2017; European Commission, 2016; BCG, 2018; Deloitte, 2018; Plattform Industrie 4.0, 2019). Essas publicações destacam que para as empresas se posicionarem com sucesso elas precisam analisar mais amplamente o fenômeno, abrangendo a cadeia de valor. Apesar de frequentemente citado, o tema ainda é tratado de forma muito superficial. Schneider (2018) aponta para a necessidade de estudos que discutam o tema no contexto da I4.0.

O conceito de cadeia de valor foi desenvolvido por Porter na década de 80 para denominar o conjunto de atividades que agregam valor ao produto ou serviço a ser entregue ao cliente. (PORTER, 1985). Concebido como um método para as empresas analisarem as atividades conduzidas dentro dos limites da firma (FASSE; GROTE; WINTER, 2009; KOTHANDARAMAN; WILSON, 2001), o construto evoluiu nos últimos 30 anos, passando a considerar as atividades desempenhadas por diversas organizações, de forma simultânea e iterativa. (ALLEE, 2000; KOTHANDARAMAN; WILSON, 2001; PEPPARD; RYLANDER, 2006; SAWHNEY; PARIKH, 2001). Kaplinsky e Morris (2000) definem cadeia de valor como:

... toda a gama de atividades necessárias para levar um produto ou serviço desde a concepção até as diferentes fases da produção (envolvendo uma combinação de transformação física e a entrada de vários serviços do produtor) até a entrega aos consumidores finais, e disposição final após o uso⁴. (p. 4)

Esta tese parte da definição de Kaplinsky e Morris (2000), utilizando o conceito para além das fronteiras da firma. A partir dessa abordagem, considera como cadeia de valor a estrutura subjacente ao processo de criação de valor, envolvendo não apenas as atividades, mas outras dimensões trazidas pela literatura sobre o tema.

Apesar de o escopo de cadeia de valor ter sido ampliado em relação à definição original de Porter, observa-se que o uso do construto continua sendo, predominantemente, voltado a analisar o desempenho da firma, visando desenvolver vantagem competitiva ou melhor posicionamento na cadeia. Foram encontrados poucos estudos que utilizem a cadeia de valor para discutir a transformação digital dos negócios (ver por exemplo Ferrantino & Koten, 2019; Strange & Zucchella,

⁴ Tradução livre da autora. “*The value chain describes the full range of activities which are required to bring a product or service from conception, through the different phases of production (involving a combination of physical transformation and the input of various producer services), delivery to final consumers, and final disposal after use*”.

2017). Eles são informativos porque apresentam discussões sobre possíveis impactos da I4.0 nas cadeias de valor. Contudo, como as cadeias de valor são complexas e altamente contextuais, dependendo de condições e características específicas de cada produto/serviço (LEPAK; SMITH; TAYLOR, 2007), cada cadeia se transforma à sua maneira, dificultando a generalização dos impactos dessas novas tecnologias. Isto porque o conceito enfoca o processo de criação de valor, ou seja, 'como', 'onde' e 'por quem' o valor é criado, fatores que mudaram ao longo das grandes transformações tecnológicas da história. Por esse motivo, a definição de uma estrutura com elementos genéricos que possam capturar os impactos causados pela I4.0 em qualquer cadeia se torna importante. Para tanto, é necessário compreender que fatores devem ser considerados nessa análise. Assim, a pergunta que guia esta pesquisa é: **como analisar os impactos⁵ da I4.0 na cadeia de valor?**

1.2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta os objetivos geral e específicos do trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é propor um *framework* para a análise dos impactos da I4.0 na cadeia de valor. O artefato deve ser uma estrutura capaz de guiar a discussão das organizações sobre efeitos em curso e/ou futuros da transformação digital em cadeias de valor.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) identificar os conhecimentos prescritivos e descritivos relacionados à cadeia de valor;
- b) caracterizar a I4.0, suas tecnologias e benefícios;
- c) definir elementos da cadeia de valor que podem capturar os impactos da I4.0;

⁵ Impactos para fins desse trabalho representam as mudanças percebidas e esperadas em relação a 'como', 'onde' e 'por quem' o valor é criado.

- d) desenvolver o *framework* a partir da consulta a especialistas e de um estudo de caso na cadeia de valor da agricultura;
- e) avaliar o *framework* proposto em um grupo focal.

1.3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho se justifica sob dois aspectos. O primeiro diz respeito à relevância da proposição de um guia para que as organizações possam discutir e aprender sobre a transformação das suas cadeias em razão da I4.0. O segundo está relacionado às contribuições ao campo de estudos sobre cadeias de valor. A seguir são detalhadas as justificativas tanto do ponto de vista do contexto da prática, como do contexto acadêmico.

1.3.1 Contexto da Prática

Conforme já discutido, a I4.0 terá um impacto significativo no cenário competitivo, transformando modelos de negócios, indústrias e cadeias de valor. As chances de as organizações serem bem-sucedidas nessa transformação são maiores quando elas analisam todo o processo de criação de valor. A presente pesquisa contribui nessa tarefa propondo um artefato que serve como um guia para as organizações ampliarem o entendimento dos impactos da I4.0 nas cadeias de valor. Um instrumento que não restringe a análise a uma empresa ou setor propicia uma visão mais abrangente do fenômeno. Além disso, uma estrutura organiza a análise e permite o compartilhamento de diferentes perspectivas, gerando aprendizado.

Para as empresas o *framework* será um guia para discutir e aprender sobre a transformação das suas cadeias de valor, auxiliando na definição de estratégias relacionadas à I4.0 para seus negócios. Para os governos o *framework* será útil para estudar a transformação em diferentes cadeias de valor existentes na sua economia, buscando compreender os desafios e oportunidades relacionados, e apoiando, assim, na definição de políticas industriais. Além disso, uma estrutura padrão de análise permite a comparação entre a transformação em diferentes cadeias, gerando informações relevantes para a priorização de investimentos.

1.3.2 Contexto Acadêmico

A criação de valor não constitui teoria, mas sim um importante objeto de estudo de disciplinas como estratégia, marketing e economia. Parte das pesquisas se dedicam a discutir e definir o que é valor, enquanto outras enfocam o processo de criação de valor. (GUMMERUS, 2013). O conceito de cadeia de valor, proposto por Porter na década de 80, trata das atividades desenvolvidas pela firma nesse processo, sendo focado em desempenho e não em transformação. Existem diversos estudos sobre a análise da cadeia de valor que discutem a melhoria de performance (DEKKER, 2003; FASSE; GROTE; WINTER, 2009; TAYLOR, 2005). Apesar de o construto ser frequentemente citado quando se fala em I4.0, não foram encontrados artefatos que se propõem a analisar a transformação digital da cadeia de valor.

Diante de um ambiente de mudanças significativas, como a emergência um novo paradigma produtivo, analisar performance da cadeia não é suficiente. Melhorar a eficiência é desejável, mas o foco demorado naquilo que já se faz pode levar as organizações a serem surpreendidas por mudanças estruturais no negócio. Jacobides *et al.* (2006) afirmam que descontinuidades tecnológicas, institucionais ou de demanda podem alterar significativamente a arquitetura da indústria, ou seja, a divisão do trabalho entre firmas co-especializadas. Para os autores, isso abre oportunidades para que as empresas atuem de forma proativa no sentido de criar mais valor ao invés de atuar no tradicional jogo competitivo no qual elas se preocupam principalmente com a apropriação de uma maior fatia do valor existente. Pensar a transformação da cadeia de valor é essencial nesse contexto. Esta tese propõe um artefato que parte da combinação do conhecimento existente sobre cadeias de valor para analisar um a I4.0, com foco na transformação da cadeia. Nesse sentido, contribui para o campo de estudos da criação de valor de duas formas: primeiro, colabora para a consolidação do conhecimento existente na área, por usar conceitos conhecidos e evitar neologismos; e segundo, propõe a utilização dos construtos existentes com um outro propósito – o de transformação – adicionando uma nova perspectiva à análise da cadeia de valor.

Ainda no contexto acadêmico, entende-se que o *framework* objeto desta pesquisa poderá ser utilizado por pesquisadores para estudar e comparar a transformação digital em diferentes cadeias. Uma estrutura com elementos pré-definidos facilita essa tarefa.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O método de pesquisa utilizado – DSR – consiste em utilizar os conhecimentos descritivos e prescritivos existentes para criar um novo conhecimento prescritivo. (GREGOR; HEVNER, 2013; MARCH; SMITH, 1995). O produto do processo de investigação é uma proposta de solução para problemas reais. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Nesse sentido, o objetivo desta tese não é determinar como as cadeias de valor se transformarão, nem fazer proposições teóricas acerca do tema. Sua entrega central é um artefato que deve ser usado por organizações para a discussão e aprendizado sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor.

Para a concepção da pesquisa partiu-se da premissa de que seria possível estudar a I4.0, ainda que ela não esteja totalmente estabelecida. Apesar de os sistemas produtivos 4.0 constituírem uma visão *ex-ante* de uma revolução, a transformação está em curso, o que significa que ela já pode ser estudada, desde que com o enfoque adequado. A adequação diz respeito aos objetivos e aos procedimentos de pesquisa. Com relação aos objetivos, a construção de um artefato para a análise dos impactos da I4.0 na cadeia de valor foi viável porque consistiu na definição de elementos que são impactados pela transformação, o que não requer que o paradigma esteja totalmente estabelecido. Casos de uso, mudanças em curso em algumas cadeias, e mesmo em algumas indústrias, documentados na literatura, são informativos nesse sentido,

No que tange à adequação dos procedimentos, optou-se por uma abordagem qualitativa, que possibilitou o aprofundamento do tema, ao invés de quantitativa, que, em razão de o fenômeno estar em sua infância, seria pouco instrutiva. Assim, considerou-se a literatura, a opinião de especialistas e acadêmicos para a definição da estrutura conceitual do artefato, e um estudo de caso para refiná-lo. O estudo de caso teve como premissa usar uma cadeia na qual já fosse possível observar alguns impactos da utilização das tecnologias digitais. Estudou-se a cadeia de valor da agricultura, não com a intenção de criar uma visão determinística, cenários ou mesmo hipóteses com relação aos impactos da I4.0 nela, mas sim de compreender se o *framework* captava as mudanças já ocorridas e as esperadas.

Se para o estudo de caso existiu o requisito de a transformação digital já estar em curso, é importante ressaltar que para usar o artefato não há qualquer exigência nesse sentido. O *framework* pode ser usado em qualquer estágio de digitalização da cadeia. A análise dos impactos da I4.0 se refere às mudanças no processo de criação de valor percebidas e esperadas pelos usuários do *framework*. Da mesma forma, o artefato pode ser utilizado por empresas de qualquer elo da cadeia, ou mesmo por firmas ou indivíduos que não participem diretamente do processo de criação de valor, tais como o governo, um pesquisador ou alguém que está prospectando negócios.

Outro aspecto a ser ressaltado é que os efeitos da I4.0 são muito maiores do que os aqui tratados. Espera-se alteração no trabalho, nas relações sociais, na distribuição de riqueza, entre outros. (SCHWAB, 2016). No entanto, a proposta desta tese limita-se aos impactos da I4.0 na cadeia de valor. É claro que as cadeias são parte de toda a transformação, mas um *framework* para analisar tudo seria demasiadamente amplo, prejudicando a profundidade do ‘exercício’.

Ao mesmo tempo em que uma discussão profunda é relevante, não se pode perder de vista a necessidade de viabilizar a análise do fenômeno em qualquer cadeia. Nesse sentido, o detalhamento do artefato é suficiente, não demasiado. Uma granularidade muito alta das entidades do *framework* poderia restringir as contribuições ao que já se conhece, quando a intenção é que as discussões sejam apenas guiadas para a geração de aprendizado e alinhamento de diferentes visões. Simon (1996) alerta que o *framework* deve manter a simplicidade, para que seja de fácil utilização.

Como a cadeia de valor é um objeto complexo, a definição de elementos e relacionamentos para a análise focada em transformação envolve necessariamente pesquisas continuadas e não um único projeto. Nesse sentido, o *framework* proposto neste trabalho satisfaz o problema em questão, mas não é ótimo. Portanto, esta pesquisa deve ser vista como uma contribuição para as organizações e para o campo de estudos de cadeia de valor, e não como uma proposição de teoria.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo tratou da contextualização, da definição do problema, dos objetivos geral e específicos, da justificativa e da delimitação do trabalho.

O Capítulo 2 traz os arcabouços teóricos que constituem a base para a construção do *framework*. Nesta parte aborda-se tanto os conceitos referentes à cadeia de valor, quanto os relacionados à I4.0.

No Capítulo 3 são explicados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, no intuito de caracterizá-la e de esclarecer as etapas realizadas. Tanto o método de pesquisa quanto o método de trabalho são explicados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados das diferentes etapas da pesquisa. Esta seção aborda as etapas de proposição, desenvolvimento e avaliação do artefato, mostrando as diferentes versões do *framework* resultantes dos procedimentos aplicados.

O Capítulo 5 apresenta as considerações finais, contendo as limitações da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica é dedicada a explorar os conhecimentos descritivos e prescritivos existentes pertinentes ao problema de pesquisa. Este capítulo está organizado em três subcapítulos. O primeiro trata da cadeia de valor vista como um conjunto de processos de valor e como estrutura para a criação de valor. O segundo discute a I4.0, suas características, tecnologias, benefícios, e seus impactos na cadeia de valor. Por fim, apresenta-se os impactos da I4.0 na cadeia de valor encontrados na literatura.

2.1 CADEIA DE VALOR

Cadeia de valor é um construto que pode ser definido como um conjunto de processos de valor, ou como uma estrutura para a criação de valor. As duas abordagens, apesar de diferentes, se relacionam. Este capítulo aborda as duas óticas, bem como explica a relação entre elas.

2.1.1 Processos de Valor

Para que se possa falar em processos de valor, o termo valor deve ser definido. Assim como outros construtos das ciências sociais, valor é um conceito com muitas perspectivas. Vargo *et al.* (2008) colocam que Aristóteles foi o primeiro pensador a abordar o tema. Ele estabeleceu dois componentes do valor: o valor de uso e o valor de troca, que foram trabalhados mais tarde pelos economistas. No campo da gestão, o trabalho influente de Bowman e Ambrosini (2000) afirma que o valor de uso é subjetivo, pois se refere ao valor que o consumidor atribui ao bem ou serviço em razão da percepção de sua utilidade, enquanto o valor de troca consiste no valor que o consumidor paga pelo bem ou serviço. A percepção de valor, segundo Chahal e Kumari (2001), envolve fatores funcionais (performance e preço), emocionais (sentimentos provocados pelo produto/serviço) e sociais (*status*). As empresas buscam maximizar a percepção de valor de uso dos seus produtos/serviços, esperando que ela se reflita no aumento do valor de troca. Três processos estão envolvidos nessa dinâmica: proposição de valor, criação de valor e captura de

valor. Apesar de na literatura ser comum a sobreposição das definições dos três processos (LEPAK; SMITH; TAYLOR, 2007), neste trabalho eles são tratados de forma separada.

2.1.1.1 Proposição de Valor

A proposta de valor consiste nas ofertas que a empresa faz que são valorizadas pelos clientes. (OSTERWALDER, 2004). Envolve, portanto, as questões ‘o que propor?’ e ‘para quem propor?’. A expressão surgiu em 1988 em um artigo da McKinsey e desde então vem sendo bastante discutida por acadêmicos e gestores. (FROW; PAYNE, 2011).

Inicialmente, o conceito foi definido como a declaração da oferta da empresa para o cliente, abordando seus benefícios e seu custo aproximado. (LANNING; MICHAELS, 1988). Essa abordagem parte da premissa de que é o produtor que estabelece o valor, tanto de uso como de troca. O entendimento sobre esse processo evoluiu. Lusch e Vargo (2004) colocam que, na visão da economia clássica o valor é determinado pelo produtor, incorporado no produto e definido em termos de valor de troca. Uma abordagem mais atual é de que a firma propõe o valor, mas sua concretização ou não depende da percepção do consumidor, e é definida pelo valor de uso. Osterwalder (2004, p.43) coloca que a proposição de valor é “uma visão geral do pacote de produtos e serviços de uma empresa que são de valor para o cliente”⁶.

É importante salientar que para alguns autores a proposição de valor não define apenas o valor que a empresa cria para clientes, mas também para todos os participantes do processo de criação (ver por exemplo Frow e Payne, 2011). De fato, Lepak *et al.* (2007) salientam que as empresas somente se engajarão no processo de criação de valor se perceberem valor para si mesmas. Entretanto, para evitar confusões conceituais, os autores recomendam tratar esse tema no processo captura de valor. Assim, da ótica deste trabalho a proposição de valor consiste na definição do produto/serviço a ser oferecido, considerando a sua utilidade para o público alvo.

⁶ Tradução livre da autora. “[...] an overall view of a company's bundle of products and services that are of value to the customer.”.

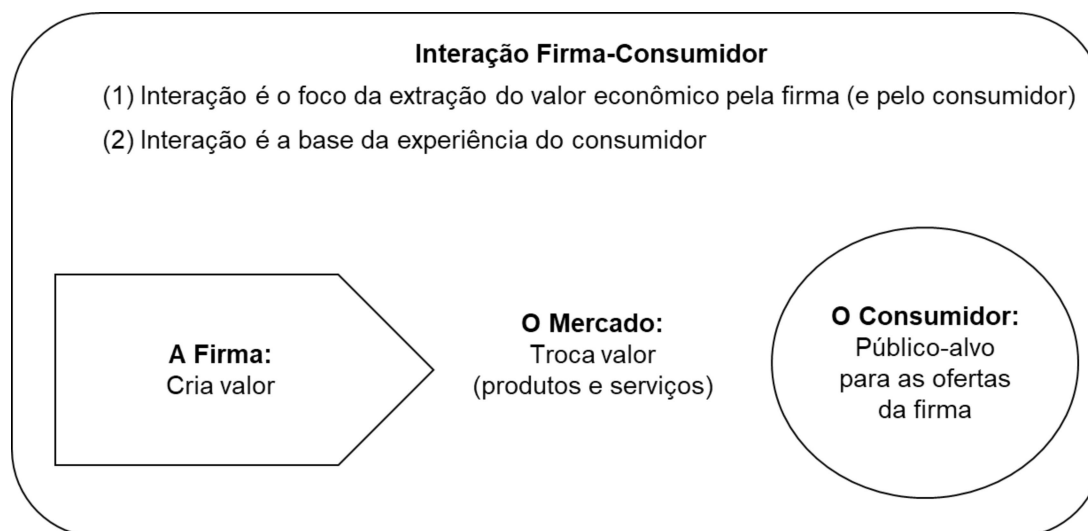
Dois aspectos devem ser considerados na proposição de valor: ela deve ser clara e dinâmica. A clareza é relevante para ser entendida pelo cliente e por todos os participantes do processo de criação de valor. Dinamicidade significa se adequar às mudanças de percepção por parte dos clientes geradas por novas tecnologias, fatores socioculturais, econômicos, legais, demográficos, entre outros. Dar forma à proposição, transformando-a em realidade é o objeto do processo de criação de valor. (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2011).

2.1.1.2 Criação de Valor

A criação de valor é um processo central para os estudiosos de marketing e de estratégia. (SMITH; COLGATE, 2007). O processo envolve as questões ‘quem cria valor?’ e ‘como o valor é criado?’.

A discussão sobre quem participa da criação do valor é antiga na literatura. Prahalad e Ramaswamy (2004) colocam que tradicionalmente a literatura de gestão estabelece a empresa como criadora de valor, o consumidor como o público alvo e o mercado como o local onde se estabelece a troca de valor entre ambos. A Figura 1 mostra essa visão:

Figura 1 – O conceito tradicional de mercado



O mercado é separado do processo de criação de valor

Fonte: Prahalad e Ramaswamy (2004, p.7)⁷

⁷ Tradução livre da autora.

Essa abordagem exclui tanto o mercado, como o consumidor do processo de criação. Assim, o valor é criado pela coordenação das atividades dentro da firma. (BOWMAN; AMBROSINI, 2000; PORTER; MILLAR, 1985). Para Wikström (1996) essa visão é resultado do processo de massificação da produção, no qual a empresa fabrica o que planeja e entrega para o mercado o que tem. Com o crescimento da competitividade entre as empresas e a evolução tecnológica, as empresas passaram a ser desafiadas a mudar essa lógica. A participação do consumidor (LUSCH; VARGO, 2004; PILLER; MOESLEIN, 2002; PRAHALAD; RAMASWAMY, 2004; WIKSTRÖM, 1996) assim como de outras empresas (PEPPARD; RYLANDER, 2006) no processo de criação de valor passam a ter relevância. Dessa forma, o conceito hoje abrange todas as atividades estruturadas dentro e além dos limites organizacionais para criar algo que tenha utilidade para um público-alvo. (CHOU; ZOLKIEWSKI, 2018).

A questão de 'como' o valor é criado é menos clara na literatura, pois frequentemente se confunde com a questão de 'quem' cria. A cadeia de valor proposta por Porter (1985) tem servido como a resposta usual a essa pergunta. Porter explica que o valor é criado por meio de um conjunto de atividades primárias – Logística de Entrada, Operações, Logística de Saída, Marketing e Vendas e Serviços – e secundárias – Infraestrutura, Gestão de Recursos Humanos, Desenvolvimento de Tecnologia e Compras. Para o autor, a forma de executar as atividades é que determina a vantagem competitiva da empresa. Como é discutido no item 2.1.2 deste trabalho, o processo de criação de valor está significativamente relacionado ao construto de cadeia de valor. Assim, nesta pesquisa, entende-se criação de valor como o processo por meio do qual a proposta de valor será construída e concretizada.

2.1.1.3 Captura de Valor

A apropriação de valor é um tema há muito debatido nos textos de economia e inovação (WINTER, 2006) e é uma preocupação permanente da estratégia. (JACOBIDES; KNUDSEN; AUGIER, 2006; MACDONALD; RYALL,

2004). Chou e Zolkiewski (2018, p.2) colocam que apropriação de valor⁸ “[...] refere-se às atividades que visam capturar o valor criado nas interações cooperativas”⁹. É o processo que determina que parte do valor gerado será absorvida por cada participante. Nesse sentido, as questões que concernem à captura de valor são ‘onde’ na cadeia se pode apropriar mais valor e ‘quanto’ do valor criado será apropriado.

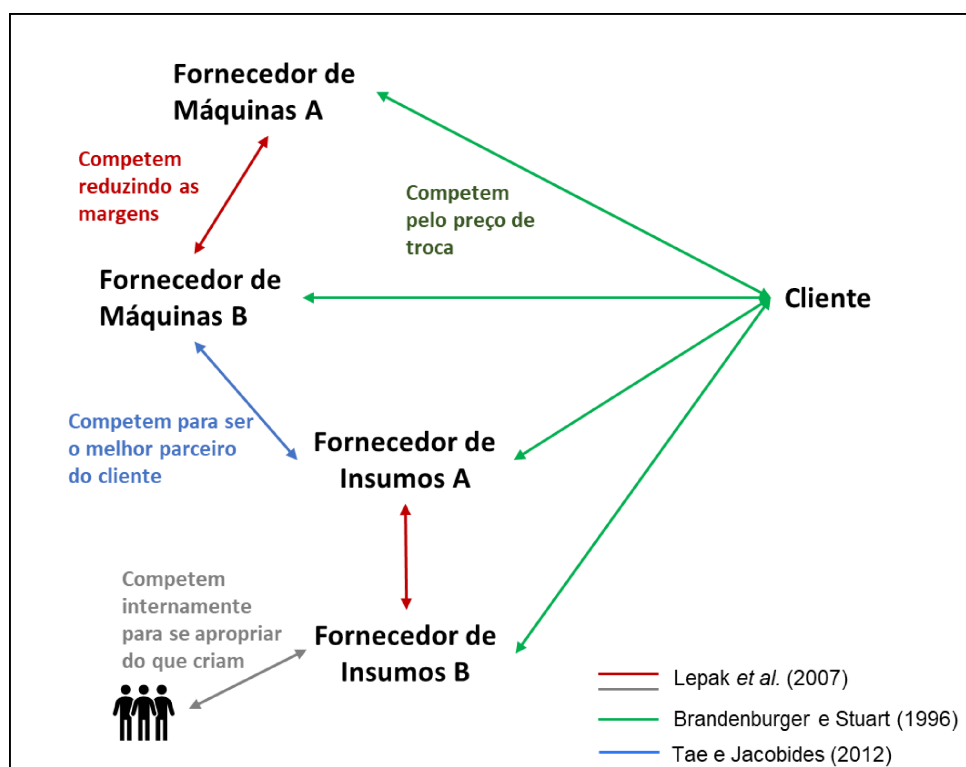
A captura de valor é significativamente dependente do processo de criação (BRANDENBURGER; STUART, 1996), e por isso é frequentemente tratada de forma conjunta na literatura. Entretanto, Lepak *et al.* (2007) afirmam que este processo deve ser analisado separadamente, pois nem sempre a captura é proporcional à criação. Eles explicam que há dois conceitos relevantes com relação à captura de valor: (1) competição e (2) mecanismos de isolamento. Os autores citam dois exemplos de competição: entre empresas da mesma etapa da cadeia e entre o empregado e a empresa. No primeiro caso, empresas que concorrem com ofertas semelhantes pressionam para a redução do valor de troca, resultando ou em perdas de margens ou em perdas de vendas. No segundo caso, o empregado da firma gera um valor significativo e percebe altos salários e incentivos, reduzindo o valor capturado pela firma. Os mecanismos de isolamento dizem respeito a quaisquer barreiras que possam ser criadas para evitar que competidores se apropriem de maior parte do valor.

Existem ainda dois tipos importantes de competição pelo valor gerado. O primeiro diz respeito a empresas posicionadas em diferentes etapas da cadeia de valor (na relação de fornecedor/cliente, por exemplo), que barganham pelo valor de troca. (BRANDENBURGER; STUART, 1996). O segundo refere-se a empresas de elos diferentes que, na tentativa de se apropriarem de mais valor, propõem soluções que aumentem o benefício total para o público-alvo, mas reduzem a captura de valor de outros elos. (TAE; JACOBIDES, 2012). Considerando uma cadeia qualquer, a Figura 2 ilustra os quatro tipos de competição por apropriação do valor.

⁸ Neste trabalho as expressões ‘captura de valor’ e ‘apropriação de valor’ são utilizadas de forma intercalada, com o mesmo significado.

⁹ Tradução livre da autora. “[...] refers to the activities that aim at capturing the value created in cooperative inter- actions”.

Figura 2 - Tipos de competição pela captura do valor



Fonte: Elaborada pela autora.

Na figura as setas na cor cinza e na cor vermelha mostram as competições explicadas por Lepak *et al.* (2007). O terceiro tipo de competição, discutido em Brandenburger e Stuart (1996), é mostrado pelas setas verdes. A seta azul caracteriza o último tipo de competição pela captura do valor, apontado por Tae e Jacobides (2012).

A competição pela captura do valor é abordada no Modelo das Cinco Forças de Porter (1980). Nele, o autor salienta as forças que determinam a atratividade de uma determinada indústria¹⁰, mostrando o valor da 'torta' e como ela é dividida entre os participantes. (BRANDENBURGER, 2002). Além de colocar a competição pela apropriabilidade do valor no centro da estratégia, Porter (1980) fala em mecanismos de isolamento, tais como barreiras de entrada e saída. O autor oferece o *framework* para que as empresas possam escolher uma posição no setor, na qual possam se proteger das ameaças e lucrar mais. O pressuposto Modelo das Cinco Forças é que as firmas são homogêneas e que têm acesso a qualquer recurso que identificarem

¹⁰ Neste trabalho as palavras *indústria* e *setor* são usadas intercaladamente com o mesmo significado, ou seja, como um grupo de empresas relacionadas com base em suas principais atividades comerciais (exemplo: indústria/setor calçadista).

necessário. A direção estratégica é escolher a posição na qual pode capturar mais valor, por mais tempo.

A Visão Baseada em Recursos (VBR) (BARNEY, 1991; PENROSE, 1959; TEECE; PISANO; SCHUEN, 1997) discute a captura de valor, mas sob uma perspectiva diferente. Ela propõe que a empresa sustenta sua vantagem pelo desenvolvimento e exploração de recursos e capacidades que são valiosos, raros, dificilmente imitáveis e que sejam explorados pela organização. Diferentemente da abordagem das Cinco Forças, na VBR, o que garante a captura de valor para a firma são as características de heterogeneidade e imobilidade dos recursos. Teece *et al.* (1997), colocam que os recursos não são fáceis de se obter, pois se caracterizam por relações complexas e ambíguas. Nesse sentido, a direção estratégica da VBR é explorar os recursos valiosos e raros existentes na organização garantindo, assim, a captura de valor por mais tempo.

Contribuindo para a VBR, Teece *et al.* (1997) estabelecem que em um ambiente mutável, as capacidades dinâmicas garantem a geração e apropriação de valor. Referem-se à capacidade da organização de “[...] integrar, criar e reconfigurar competências internas e externas para lidar com ambientes em rápida mudança¹¹”. (TEECE; PISANO; SCHUEN, 1997, p. 516). Nessa abordagem, as capacidades dinâmicas são um mecanismo de isolamento, tornando difícil a imitação e proporcionando maior a captura de valor.

Jacobides *et al.*, (2006) propõem que a apropriabilidade depende de dois fatores, a saber: complementaridade (na produção ou no uso) e mobilidade dos ativos complementares. Varian e Shapiro (2004) colocam que complementos são bens cujo valor depende de estarem sendo usados em conjunto. Assim, o grau de complementaridade refere-se a quanto o crescimento das receitas de uma firma depende da combinação de um ou mais ativos. Se a dependência for alta, espera-se uma menor captura do valor, mas isso dependerá do segundo fator, a mobilidade.

A mobilidade diz respeito à possibilidade ou não de substituição dos ativos complementares por outros que geram o mesmo valor. Se a empresa for

¹¹ Tradução livre da autora. “[...] to integrate, build, and reconfigure internal and external competences to address rapidly changing environments.”.

dependente de complementaridades, mas conseguir gerenciar a mobilidade a seu favor, ela reduz a possibilidade de desvio de valor. A Figura 3 mostra a combinação desses dois fatores.

Figura 3 - Complementaridade *versus* mobilidade

		Mobilidade do Ativo Complementar	
		Baixo	Alto
Complementaridade (no uso ou produção)	Alto	Coespecialização	Complementaridade gerenciada, permitindo “estabelecer as regras sem ativos”
	Baixo	Dependência bilateral	Ativos substituíveis, móveis
		Baixo	Alto

Fonte: Jacobides *et al.* (2006, p. 1207).¹²

A matriz evidencia a relevância do fator mobilidade na captura do valor. A mobilidade relativiza a dependência. Isso pode ser observado no quadrante onde processo de criação de valor depende significativamente de algum complemento, tanto na produção quanto no uso, e esse tem baixo nível de mobilidade. Quando o complemento é necessário, mas existe a possibilidade de torná-lo móvel, então a empresa deve ajudar “[...] a moldar padrões para incentivar a concorrência nas atividades complementares, restringindo a mobilidade, a entrada e a concorrência em seu próprio segmento.”¹³. (JACOBIDES; KNUDSEN; AUGIER, 2006, p. 1210). A luta entre as empresas de tecnologia para o estabelecimento de padrões de mercado ilustra essa

¹² Tradução livre da autora.

¹³ Tradução livre da autora. “[...] helping shape standards to encourage competition in its complementary activities, while restricting mobility, entry and competition in their own segment.”

situação. (VARIAN; FARRELL; SHAPIRO, 2004). Além de padrões garantirem a interoperabilidade, eles garantem a mobilidade em alguns complementos, o que é relevante para garantir a captura de valor em elos específicos da cadeia.

Assim, pode-se dizer que o processo de captura de valor interfere em 'como' e 'por quem' as atividades serão realizadas, sendo, ao mesmo tempo, resultado e determinante do processo de criação. (BRANDENBURGER; STUART, 1996). Lepak *et al.* (2007, p.188) colocam que “[...] a competição resultará de atividades de criação de valor, mas a criação de valor também será uma consequência da competição.”¹⁴.

2.1.2 Cadeia de Valor como Estrutura para a Criação de Valor

A expressão cadeia de valor se tornou conhecida com o trabalho de Porter (1985), que enfoca apenas as atividades internas da organização. A partir dele, outros autores desenvolveram o conceito, acrescentando dimensões relevantes à análise do processo de criação de valor. Esta seção apresenta uma discussão da evolução do construto, mostrando, além das atividades, outros elementos que foram sendo incorporados por diferentes estudos sobre o tema ao longo do tempo.

2.1.2.1 Cadeias de Valor como Atividades Internas à Firma

O trabalho seminal de Porter (1985) propõe a cadeia de valor como um método para as firmas analisarem sua estratégia em busca da vantagem competitiva. Seu foco é desagregar as atividades para compreender seus impactos na competitividade, pois considera impossível avaliar a estratégia olhando para a empresa como um todo. A cadeia de valor de Porter consiste em atividades primárias – aquelas envolvidas na criação física do produto, seu marketing e distribuição e serviços de suporte e pós-vendas – e as de apoio, que dão condições para que as atividades primárias possam existir.

A Figura 4 mostra que a combinação das atividades principais e de apoio é que determina a margem da empresa. Diferentes configurações da

¹⁴ Tradução livre da autora. “[...] *competition will result from value creation activities, but value creation also will be a consequence of competition.*”

cadeia de valor levam a diferentes níveis de competitividade, de maneira que a firma deve performar as mesmas atividades de maneira mais eficiente que seus concorrentes, ou desenvolver atividades diferentes. As empresas à montante e à jusante são consideradas partes do *Sistema de Valor*, formado pela cadeia de valor dos fornecedores e dos compradores. (PORTER, 1985).

Figura 4 - Cadeia de valor



Fonte: Porter (1985, p.37)¹⁵.

O conceito de cadeia de valor de Porter se refere apenas aos processos conduzidos dentro dos limites da firma. (KOTHANDARAMAN; WILSON, 2001). Entretanto, com a evolução tecnológica, a terceirização e a globalização, cada vez mais as atividades envolvidas na concepção, produção e entrega de um produto ou serviço extrapolam as fronteiras de uma empresa, gerando a necessidade de extensão do conceito.

A transformação da cadeia de valor em razão da cumulatividade tecnológica¹⁶ é reconhecida por Porter em dois artigos publicados na *Harvard Business Review* sobre 'produtos inteligentes e conectados'. (PORTER; HEPPELMANN, 2015). Os autores afirmam que a cadeia de valor passa por um processo de mudança intenso, a tal ponto de as organizações terem que se questionar sobre tudo o que fazem e em que negócio estão inseridas. Ao mostrar como as atividades mudam, os autores enfocam Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Produção, Logística, Marketing e Vendas (M&V) e

¹⁵ Tradução livre da autora.

¹⁶ A expressão usada pelos autores é "*technology stack*".

Serviços. (PORTER; HEPPELMANN, 2015). Ainda assim, quando falam em cadeia de valor, referem-se às características das atividades desempenhadas pela firma, resultando na mudança das fronteiras funcionais e na criação de novas funções na estrutura organizacional. Para se referir às mudanças para além das fronteiras empresariais ou setoriais, os autores preferem o termo *Sistemas de Sistemas*, alinhado ao conceito de Sistema de Valor definido por Porter em 1985. Apesar disso, a academia e o mercado têm adotado o conceito de cadeia de valor para se referir ao processo de criação de valor para além das fronteiras da firma. (AUGIER; TEECE, 2018; TAE; JACOBIDES, 2012).

2.1.2.2 Cadeias de Valor para além da Firma

Normann e Ramírez (1993) colocam que a visão comum da cadeia de valor é embasada na economia industrial, na qual uma empresa recebe matérias primas de outra (*upstream*), desempenha atividades para transformá-las em produto e distribui por meio de diversos canais (*downstream*). Para eles, essa narrativa ignora que os processos de criação não são necessariamente sequenciais, e que o valor gerado nem sempre se concretiza por meio de um produto ou serviço. Os autores salientam a necessidade de abordar o valor de forma mais ampla. Não se trata apenas de se identificar o melhor posicionamento da empresa na cadeia, mas de criar arranjos capazes de gerar mais valor. Três são as premissas dessa abordagem. Primeira, o valor não é criado por uma sequência de cadeias, mas por constelações complexas, nas quais os agentes atuam de forma iterativa e simultânea. Segunda, dificilmente uma empresa sozinha conseguirá criar valor, o processo envolve a co-criação¹⁷ entre diversos atores, incluindo o próprio consumidor. Terceira, a fonte de vantagem competitiva é a capacidade de criar o sistema de valor e de fazê-lo funcionar.

A partir dessa visão, a literatura sobre cadeia de valor evoluiu para uma abordagem mais abrangente. Além de reconhecer diferentes atores e papéis

¹⁷ Grönroos e Voima (2013, p.138) definem co-criação como “[...] o processo conjunto pelo qual empresas e clientes juntos (ou clientes com outros atores), em interações, criam valor”. Tradução livre da autora.

(como por exemplo, fornecedores, compradores, complementadores¹⁸) (ADNER; KAPOOR, 2010), ela também trata de outros elementos, que se tornam relevantes para a análise de como o valor é criado. As abordagens a seguir enfocam dimensões diferentes da cadeia de valor, ampliando o significado da expressão.

2.1.2.2.1 Cadeias de Valor Virtuais

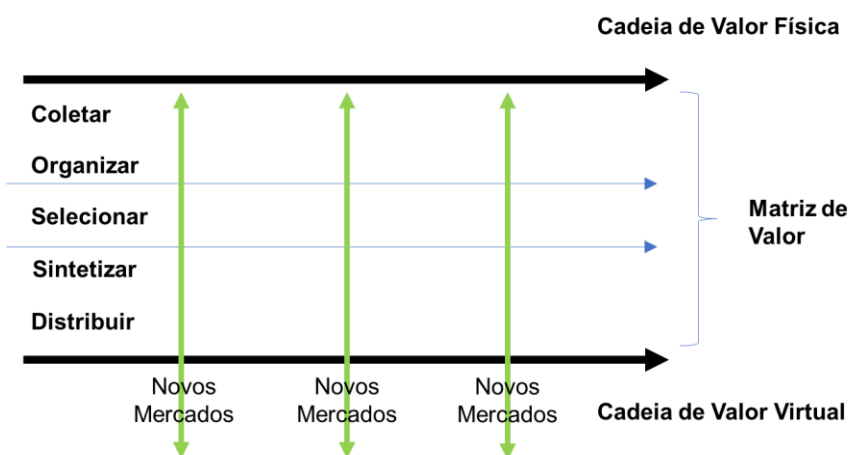
O desenvolvimento dos mercados eletrônicos no final da década de 90 fez surgir o conceito de cadeia de valor virtual. Benjamin e Wigand (1995) foram uns dos primeiros autores a defini-la. Eles sugeriram que a grande capacidade de troca de informações – viabilizada pelos avanços na Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) – reduz os custos de transação, aumentando as possibilidades de arranjos na cadeia de valor. Os autores citam, mas não aprofundam o conceito de cadeia virtual.

Os estudos que abordam a cadeia de valor virtual vão além das *atividades*, passando a focar os *fluxos*. Para além dos fluxos tradicionais tangíveis (matérias-primas, componentes, produtos), elas evidenciam os fluxos intangíveis (dados, conhecimento) como uma dimensão importante no processo de criação do valor.

Rayport e Sviokla (1995) explicam que a cadeia de valor virtual funciona paralelamente à cadeia de valor física, mas que tem etapas e pressupostos diferentes desta. A diferença fundamental é que no conceito tradicional de cadeia de valor a informação não gera valor por si só, apenas é processada para viabilizar a realização das atividades que agregam valor, enquanto na cadeia virtual a informação é ‘potencialmente’ geradora de valor. Nesse sentido, os autores colocam que a cadeia virtual deve ser desenvolvida de forma a espelhar a cadeia física, mas não se limitar a ela. A Figura 5 mostra o conceito de cadeia virtual.

¹⁸ Os complementadores são empresas que fornecem produtos/serviços complementares a determinados produtos/serviços que são usados juntos pelo cliente. Por exemplo, empresas de *hardware* e *software* são complementadoras entre si. (KAPOOR, 2014).

Figura 5 - Matriz de valor: construindo relacionamentos



Fonte: Rayport e Sviokla (1995, p.2)¹⁹.

A cadeia física é composta por uma sequência de atividades que transformam entradas em saídas. Já a cadeia virtual não é linear porque a informação pode ser acessada e distribuída em diversos pontos, podendo gerar valor em diferentes momentos e canais. A cadeia virtual deve coletar, organizar, selecionar, sintetizar e distribuir dados ao longo das etapas da cadeia tradicional e, ao mesmo tempo, criar mercados.

Rayport e Sviokla (1995) ressaltam ainda os pressupostos da cadeia de valor virtual: os ativos digitais não se esgotam com o uso; as economias de escala são acessíveis inclusive a pequenas empresas; a variedade não é custosa – pois a recombinação de ativos digitais gera economias de escopo; os custos de transação são mais baixos. Essas mudanças têm impacto na dinâmica competitiva das indústrias. O pensamento dos negócios muda de focado na oferta para focado na demanda.

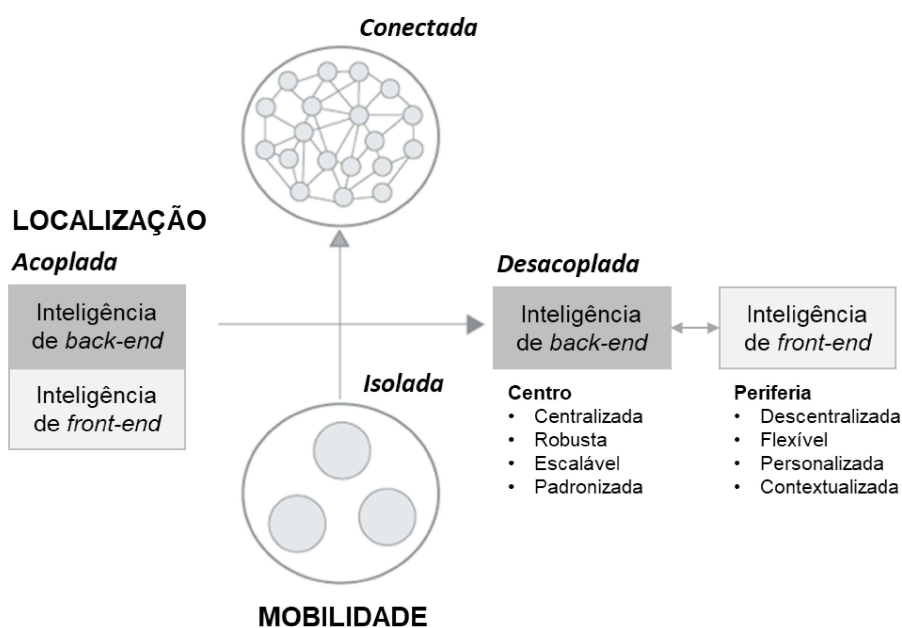
Abordando as transações, Allee (2000) argumenta que o objeto de troca na cadeia de valor deve ser considerado de uma forma mais ampla. Tradicionalmente, o conceito de cadeia de valor foca apenas um tipo de troca – (1) a de bens, serviços e receitas – enquanto as trocas (2) de conhecimento e (3) de benefícios intangíveis são ignoradas. Para a autora, a definição de estratégia envolve os três tipos de valor gerados por, e compartilhados entre clientes, fornecedores, parceiros e a comunidade. Sua principal contribuição é

¹⁹ Tradução livre da autora.

destacar a relevância dos objetos de troca entre os participantes da cadeia de valor.

Corroborando com Allee (2000), Sawhney e Parikh (2001) colocam que a complexidade dos negócios exige uma abordagem diferente em relação ao valor. Os autores trazem o conceito da 'inteligência em rede' como a 'pedra fundamental' das mudanças dos processos de criação de valor. Os avanços nas TICs alteraram duas importantes dimensões da informação: *localização* e *mobilidade*. A localização mudou porque a informação, que antes era depositada e acessada em único ponto – podendo ser o produto ou o serviço – passou a ser distribuída entre inteligência de retaguarda (*back-end*) e inteligência de frente (*front-end*). A mobilidade mudou porque a informação, que antes era isolada, passou a ser conectada. A Figura 6 ilustra a migração da inteligência.

Figura 6 - Dois padrões na migração de inteligência



Fonte: Sawhney e Parikh (2001, p.80)²⁰.

A contribuição dos autores é enfatizar que na economia digitalizada o valor está na informação, e que analisar localização e mobilidade ajuda a entender para onde o valor está migrando, entre companhias e entre indústrias. A definição da estratégia deve considerar esse movimento.

²⁰ Tradução livre da autora.

A abordagem das cadeias de valor virtuais traz os fluxos como uma importante dimensão do processo de criação de valor. Ela pressupõe a existência de diferentes atores na cadeia, mas não discute esse tema, que é foco da abordagem a seguir.

2.1.2.2.2 *Redes de Valor*

Em 1995 Christensen e Rosenbloom trazem o conceito de rede de valor como um dos principais direcionadores da vantagem competitiva. Abordando o problema da migração do valor diante de novos paradigmas tecnológicos, os autores definem a rede de valor como “[...] o contexto em que a empresa identifica e responde às necessidades dos clientes, obtém insumos e reage aos concorrentes.”²¹. (CHRISTENSEN; ROSENBLOOM, 1995, p. 234). Esse enfoque é embasado no conceito de arquitetura de produtos, compreendendo os bens de um sistema, que são componentes em outro, que são peças em outros, e assim sucessivamente. Cada parte do sistema tem diferentes atributos de performance que vão determinar como a rede de valor se organiza. A visão admite que diferentes redes se formam dentro de uma mesma indústria, e que uma rede tem agentes de diversas indústrias. Ao analisarem a dinâmica industrial os autores afirmam que empresas estabelecidas em um determinado setor podem perder espaço para novos entrantes quando – em razão de uma descontinuidade tecnológica – parâmetros de performance passam a ser valorizados em ordem diferente. Isso acontece porque as firmas participantes têm dificuldades de buscar requisitos que não são os demandados tradicionalmente pelo seu mercado conhecido, enquanto as entrantes sentem-se livres para criar novas ofertas.

Outra importante contribuição ao conceito de redes de valor foi dada por Stabell e Fjeldstad (1998). Os autores observaram que a cadeia de valor, apesar de ser uma ferramenta importante para a análise da competitividade de indústrias de manufatura, não era de fácil aplicação para a avaliação de serviços. Propuseram, então, duas abordagens adicionais para a configurações de valor: a de *oficinas* de valor e a de *redes* de valor. Para eles, a lógica de

²¹ Tradução livre da autora. “[...] *the context within which the firm identifies and responds to customers' needs, procures inputs and reacts to competitors.*”.

criação de valor *na cadeia* é transformar matérias-primas em produtos, *na oficina* é resolver os problemas dos clientes e *na rede* é conectar os clientes. Diferentes lógicas levam a diferentes configurações. A contribuição dos autores é fornecer alternativas ao conceito de Porter, trazendo para a discussão a proposta de valor como determinante da configuração do processo de criação. Apesar de relevante, a classificação feita pelos autores tem como premissa que as firmas realizam apenas um tipo de atividade, utilizando uma lógica de criação de valor. Aqui argumenta-se que cada vez mais as firmas trabalham com diversas lógicas de criação de valor, dificultando a aplicação das configurações de uma forma 'pura'.

Peppard e Rylander (2006) trabalham o conceito da rede de valor, argumentando que os processos de criação de valor não são lineares, nem sequenciais, mas co-criados por um conjunto de atores. Os autores salientam a importância de as firmas identificarem onde o valor está em uma rede e compreenderem como ele é criado.

As redes de valor estendem o conceito de cadeia de valor para além de uma organização. O foco dessa abordagem está nos atores responsáveis pela concepção, desenvolvimento, produção e entrega de um produto ou serviço, bem como suas relações. No início dos anos 2000, em razão da ampliação da visão da cadeia envolvendo um significativo número de atores, a governança das cadeias passa a ganhar importância e surge o construto das cadeias globais de valor.

2.1.2.2.3 Cadeias de Valor Globais

O conceito de cadeias de valor globais evoluiu a partir da combinação de ideias de diversos outros construtos, tais como *filiere*, distritos e arranjos industriais, redes e cadeias de *commodities*. (DUKE UNIVERSITY, [s.d.]; FASSE; GROTE; WINTER, 2009). Os estudos sobre cadeias de valor globais reconhecem a importância de analisar a criação de valor considerando a geografia, o papel das instituições e as relações de poder na cadeia. (GEREFFI *et al.*, 2001; GEREFFI; HUMPHREY; STURGEON, 2005; HUMPHREY; SCHMITZ, 2001; STURGEON; VAN BIESEBROECK; GEREFFI, 2008).

Especialmente a governança, tema já discutido por Gereffi (1994) nas cadeias de *commodities*²², torna-se o foco da abordagem das cadeias de valor globais.

Humphrey e Schmitz (2001) explicam que o conceito de governança nas cadeias de valor tem relação com o exercício do controle dos parâmetros da cadeia. Para os autores, os parâmetros são ‘o que’, ‘como’, ‘quando’, ‘quanto produzir’ e a ‘que preço’.

Gereffi *et al.* (2005) propõem cinco tipos de governança embasados nos tipos de relacionamentos existentes entre os atores, que vão desde relações de mercado, que evitam intimidade ou contato próximo, até relações verticalizadas, embasadas em subordinação, a saber:

1. Mercados: o mecanismo principal de governança é o preço. As relações são simples e as transações podem acontecer de forma repetida ou intermitente, sem necessidade de acordos específicos entre os agentes.
2. Cadeias de Valor Modulares: a governança é exercida por meio de padrões de interoperabilidade. As relações são desenvolvidas para atender aos requisitos dos clientes utilizando ativos genéricos, com menor especificidade e maior codificação do conhecimento, levando a estruturas de rede de valor flexíveis.
3. Cadeias de Valor Relacionais: a governança depende de confiança. As relações são complexas de mútua dependência entre os agentes e exigem tempo e proximidade espacial. Envolve intensa troca de informações pouco codificadas, resultando em arranjos peculiares e em especificidade dos ativos.
4. Cadeias de Valor Cativas: a governança é exercida por uma firma líder, caracterizada por controle e monitoramento dos outros atores. A assimetria de poder força os liderados a se “moldarem” aos requisitos da líder, de forma que o custo de mudança para eles se torna alto, resultando em alta especificidade dos ativos.

²² O autor ressalta no seu trabalho dois tipos de governança: a direcionada pelo comprador (*buyer-driven*) e a direcionada pelo produtor (*producer-driven*). A primeira é caracterizada pela coordenação da produção de terceiros pelas redes de varejo ou marcas. A segunda caracteriza-se pela coordenação hierárquica da produção, conduzida pela sede das empresas transnacionais. Em 2001 Gereffi afirma que – em razão da nova era gerada pela Internet – as formas de governança vão além dessas duas formas. (GEREFFI, 2001).

5. Hierarquias: o mecanismo de governança é a hierarquia de comando. As relações são de subordinação, uma vez que a cadeia é propriedade da firma.

Assim, identificar os relacionamentos existentes na cadeia é relevante para compreender como ela é governada. Kaplinsky e Morris (2000) sugerem que a efetividade da governança reflete tanto o poder de determinados atores, quanto a confiança existente entre os participantes. Para identificar o nível de confiança os autores sugerem alguns aspectos a serem analisados, tais como: a duração dos contratos, a natureza do processo de compra, a natureza da relação contratual, o grau de dependência que as empresas têm umas das outras, os tipos de assistência técnica que fluem ao longo da cadeia, a natureza e os métodos de comunicação ao longo da cadeia, entre outros.

As regras que determinam quem participa do processo de criação de valor são também destacadas como determinantes da governança na cadeia. (HUMPHREY; MEMEDOVIC, 2006; KAPLINSKY; MORRIS, 2000). Kaplinsky e Morris (2000) explicam que as regras podem ser tanto padrões de produto (por exemplo padrões 3G e entradas USB), quanto de processo (por exemplo ISO9000, SA8000) e discutem como elas são definidas, implementadas e fiscalizadas na cadeia.

A maior contribuição dos estudiosos das cadeias de valor globais está relacionada à dinâmica e à distribuição de valor entre diferentes países. Entende-se, entretanto, que seus estudos trazem importantes contribuições para se compreender a governança na cadeia, não importa se global ou localmente.

Durante a década de 90 o campo de estudo de cadeias de valor cresceu e se diversificou, multiplicando os termos utilizados e tornando mais difícil a formação de uma teoria. A seguir são apresentados outros construtos relacionados ao tema.

2.1.2.3 Outros Construtos relacionados à Cadeia de Valor

Schilling e Steensma (2001) ressaltam a variedade de termos utilizada para descrever a transformação das atividades produtivas e dos

relacionamentos entre firmas, tais como 'organizações virtuais', 'organizações em rede' e 'organizações modulares'. A proliferação de conceitos relacionados à cadeia de valor levou Sturgeon (2001) a publicar um artigo explicando a diferença entre cadeia de valor e rede de produção e mostrando semelhanças entre outros conceitos. A Tabela 1 mostra sua interpretação.

Tabela 1 - Cadeia de valor versus rede de produção

Nome	Definição	Métricas	Outros Nomes
Cadeia de Valor	Sequência de atividades produtivas (ou seja, de valor agregado) que levam e apoiam o uso final	Pacotes de atividades que vários atores envolvem-se ou não	Cadeia de Suprimentos Cadeia de <i>Commodity</i> Cadeia Produtiva Cadeia de Atividades <i>Pipeline</i> de Produtos
Rede de Produção	Conjunto de relacionamentos que vincula um grupo de empresas a uma unidade econômica maior	Caráter e extensão dos relacionamentos entre empresas	Rede de valor Base de Fornecimento

Fonte: Sturgeon (2001, p.9).²³

Observa-se que diversos nomes são utilizados como sinônimos de cadeia de valor. O autor salienta que tanto as cadeias de valor como redes de produção não existem em um vácuo e propõe o conceito de cadeia de valor estendida, que envolve não apenas as empresas responsáveis pelas atividades produtivas, como também outras instituições que, de alguma forma, colaboram no processo de criação de valor (tais como universidades, institutos de pesquisa, serviços de infraestrutura, entre outros).

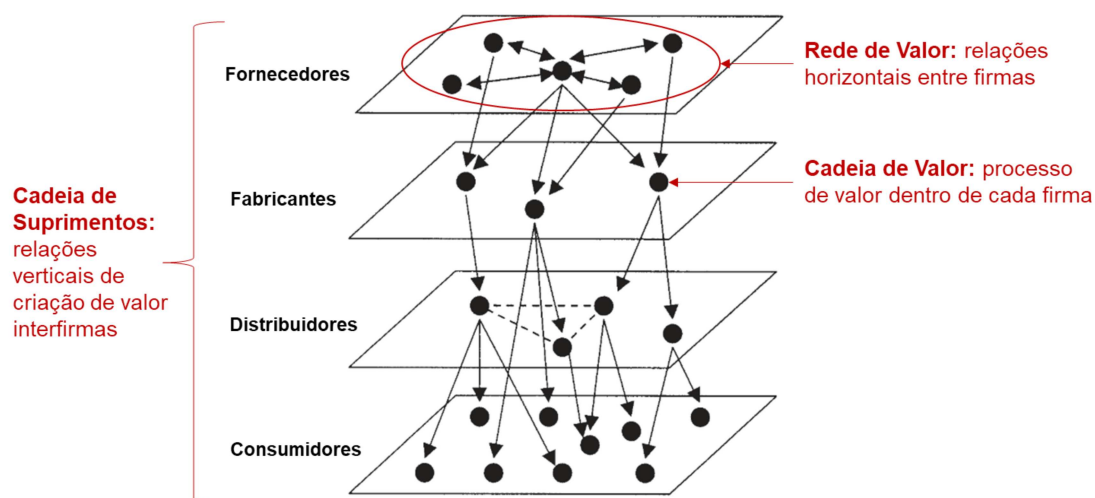
Especialmente o conceito de cadeia de suprimentos tornou-se um tema muito usado na literatura no final dos anos 90. (MENTZER *et al.*, 2001). Mentzer *et al.* (2001, p.4) definem cadeia de suprimentos como “[...] um conjunto de três ou mais entidades diretamente envolvidas nos fluxos à montante e à jusante de produtos, serviços, finanças e/ou informações de uma fonte para um cliente.”²⁴ Essa definição é muito semelhante à definição de cadeia de valor de Sturgeon (2001). De fato, ambos os conceitos são, por vezes, utilizados como sinônimos.

²³ Tradução livre autora.

²⁴ Tradução livre da autora. “[...] a set of three or more entities directly involved in the upstream and downstream flows of products, services, finances, and / or information from a source to a customer.”

Lazzarini *et al.* (2001) sugerem outro construto, o de *netchain*. Para os autores a cadeia de valor refere-se às atividades internas à firma (conceito original de Porter), a cadeia de suprimentos consiste nas relações verticais de criação de valor interfirmas, enquanto as redes de valor referem-se às relações horizontais entre empresas de uma mesma camada. A interação desses três construtos forma o que os autores definem como *netchain*. A Figura 7 ilustra uma *netchain*.

Figura 7 - Exemplo de uma *netchain* genérica



Fonte: Adaptado de Lazzarini *et al.* (2001, p.8)²⁵

A *netchain* mantém os conceitos originais de cadeia de valor, cadeia de suprimentos e rede de valor. Apesar de ter sido acolhido pela comunidade acadêmica, o construto de Lazzarini *et al.* (2001) não resultou em unidade conceitual no campo de estudos.

Além da pluralidade já mostrada, um outro termo, Ecosistema de Negócios, surgido em meados dos anos 90, tem ganhado força quando o assunto é criação de valor. Na Enciclopédia Palgrave de Gestão Estratégica, Ecosistema de Negócios é definido como “[...] um grupo de organizações interdependentes que coletivamente fornecem bens e serviços a seus clientes.”²⁶. (AUGIER; TEECE, 2018, p.151). Mais uma vez, uma definição semelhante à de cadeia de valor.

²⁵ Tradução livre da autora.

²⁶ Tradução livre da autora. “[...] a group of interdependent organizations collectively providing goods and services to their customers.”.

A expressão, cunhada em 1993 por Moore, é inspirada nos sistemas biológicos. (MOORE, 1993). O autor ressalta a característica evolutiva dos ecossistemas, de um processo randômico para mais estruturado, no qual engajamento de participantes normalmente envolve a definição de regras ou padrões de participação.

Adner (2017) explica que a estrutura do ecossistema é composta por quatro elementos: atividades, atores, posições e ligações. As atividades referem-se às tarefas realizadas para criar valor, os atores referem-se a quem participa do processo, as posições especificam quem entrega a quem, e as ligações são as transferências entre os atores (tais como material, informação e fundos). Buscando diferenciar o termo de outros existentes, Adner (2017) coloca que cadeia de suprimentos, cadeia de valor e rede de valor também são construtos que envolvem diversos atores, mas que normalmente focam nas relações diretas entre fornecedores e compradores, em detrimento de outros participantes. Além disso, nesses conceitos os atores têm papéis e posições claras e definidas. Os ecossistemas, por sua vez, são importantes quando há necessidade de alinhamento porque “[...] as relações multilaterais subjacentes a uma proposta de valor não são decompostas em múltiplas relações bilaterais.”²⁷. (ADNER, 2017, p.53). As relações e os papéis dos atores são fluidos. De forma semelhante, Jacobides *et al.* (2018) colocam que apenas algumas complementaridades específicas caracterizam um ecossistema.

Percebe-se que o campo de estudos sobre cadeias de valor é fértil e difuso, não tendo unidade conceitual. Para evitar neologismos e outros conceitos que possam gerar dúvidas quanto ao seu significado, esta tese utiliza o conceito mais amplo de cadeia de valor, ou seja, como a estrutura subjacente ao processo de criação de valor. Essa estrutura envolve não apenas as atividades desempenhadas para levar uma solução ao cliente, mas os fluxos de produtos, monetários e de informações, os atores que participam do processo e seus relacionamentos.

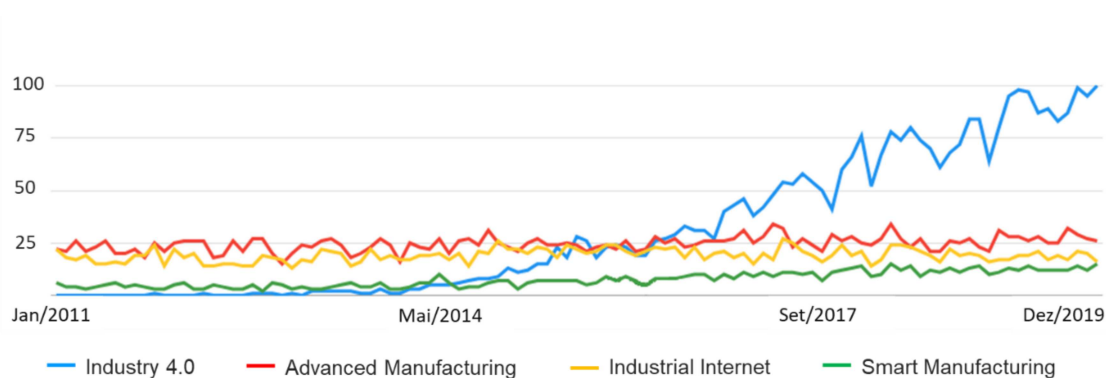
²⁷ Tradução livre da autora. “[...] *the multilateral relationships that underlie a value proposition are not decomposable into multiple bilateral relationships.*”.

2.2 A INDÚSTRIA 4.0

A I4.0 está sendo discutida como uma nova Revolução Industrial. O fenômeno se desenvolve a partir da combinação de um conjunto de tecnologias capazes de dar autonomia e flexibilidade aos sistemas produtivos de forma que eles consigam se autoconfigurar para melhor atender às necessidades dos clientes. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; LEE; BAGHERI; KAO, 2015). A Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII, está relacionada à energia a vapor, que possibilitou várias aplicações em muitos setores. (DEANE, 1979; LANDES, 2003). A Segunda Revolução Industrial, no início do século XX, está ligada à produção em massa e à eletricidade, que tiveram efeitos em muitas indústrias: de transporte, de transformação e de bens de consumo. As tecnologias da informação e a eletrônica foram responsáveis pela Terceira Revolução Industrial, na década de 1970, trazendo automação para a fábrica e escritórios e mudando uma série de atividades previamente executadas manualmente. (LASI *et al.*, 2014).

Outros conceitos são utilizados ao redor do mundo como sinônimos de I4.0. Alguns países usam expressões como internet industrial (*industrial Internet*), manufatura inteligente (*smart manufacturing*), manufatura avançada (*advanced manufacturing*), entre outras. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; LIAO *et al.*, 2017). No entanto, o termo I4.0, que inicialmente era mais utilizado em países de idioma alemão (LASI *et al.*, 2014), vem ganhando espaço em âmbito mundial. (SCHNEIDER, 2018). Uma evidência desse fato é encontrada na comparação do interesse ao longo do tempo por esses termos, realizada no Google Trends. O Gráfico 1 apresenta a tendência de busca, no site Google, de quatro expressões: 'Industry 4.0', 'Advanced Manufacturing', 'Industrial Internet' e 'Smart Manufacturing' no período compreendido entre janeiro de 2011 e dezembro de 2019. Foram utilizados os termos em inglês para incluir um maior número de pesquisas globalmente.

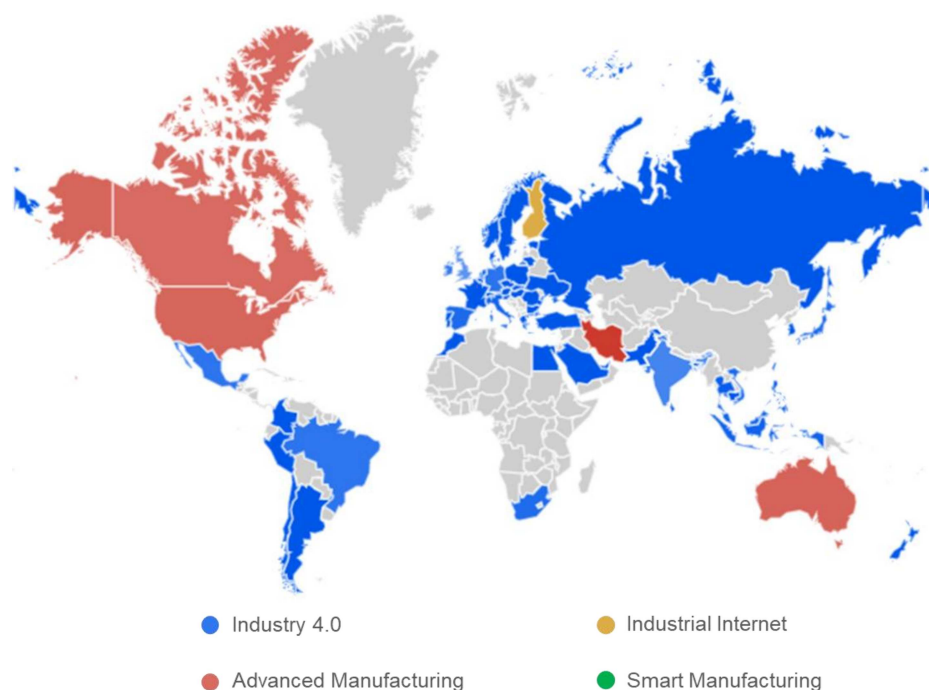
Gráfico 1 - Interesse ao longo do tempo



Fonte: Pesquisa realizada pela autora no Google Trends (2019).

Como o termo '*Industry 4.0*' surgiu em 2011, adotou-se esse ano como referência para o início da busca. Os outros três termos já existiam, sendo que a expressão '*Advanced Manufacturing*' é a mais antiga delas. Os números são relativos, de maneira que um valor de 100 representa o ponto máximo de interesse no termo em um dado momento. Nesse gráfico percebe-se um aumento significativo das pesquisas realizadas com o termo '*Industry 4*', e uma tendência de crescimento, enquanto buscas com os outros termos, permanecem relativamente constantes. O Google Trends mostra também a predominância das pesquisas pelos termos em diferentes regiões do globo, no mesmo período, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Interesse pelos termos no mundo



Fonte: Pesquisa realizada pela autora no GoogleTrends (2019).

A intensidade da cor, mostra o percentual de pesquisas, quanto mais intensa, maior é o percentual. Observa-se a preferência norte americana pelo termo '*Advanced Manufacturing*', enquanto em boa parte do continente Europeu predomina o termo '*Industry 4.0*'. Os dados referentes a alguns países da Ásia não estão disponíveis, mas percebe-se que Japão, Coréia do Sul e Taiwan também preferem a expressão cunhada pela Alemanha. No Brasil, '*Industry 4.0*' é o mais pesquisado entre os quatro termos.

No meio acadêmico pode ser verificado o crescimento da relevância da I4.0. No ano de 2017 foram publicadas pelo menos cinco chamadas de trabalhos para edições especiais sobre ela, algumas em periódicos importantes na área de Engenharia de Produção, tais como '*Technological Forecasting and Social Change*' (JCR 2,625), '*International Journal of Production Economics*' (JCR 3,493), '*Computers & Industrial Engineering*' (SJR 1,542). Isso evidencia que a academia começa a adotar o termo de maneira mais consistente.

Apesar do aumento da popularidade do termo, é difícil encontrar uma definição clara e concisa da I4.0, em razão da sua abrangência, complexidade e grau de desenvolvimento. (LASI *et al.*, 2014; SCHNEIDER, 2018; VOGEL-HEUSER; HESS, 2016). Kagermann *et al.* (2013) a definiram como um novo estágio da manufatura. A *Plattform Industrie 4.0*, um consórcio alemão entre o governo, universidades e empresas para o desenvolvimento da I4.0, descreve o fenômeno como a integração dos processos de criação de valor ao longo de todo o ciclo de vida do produto. (PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, [s.d.]).

A I4.0 pode ser abordada de duas formas. Uma como um estado futuro, *resultado* da transformação, onde os processos em rede, automatizados e inteligentes conferem flexibilidade à produção. (BRETTEL *et al.*, 2014; SCHNEIDER, 2018). Outra é como *processo* de transformação, no qual a aplicação das tecnologias, vai mudando a forma e o conteúdo dos negócios. Como o fenômeno é ainda nascente, podendo levar décadas para se tornar realidade (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013), faz sentido abordá-lo como processo. Por isso, conforme já mencionado, nesta pesquisa utiliza-se a segunda abordagem. Para melhor compreender a I4.0 é importante que sejam olhadas suas características centrais.

2.2.1 Características Centrais da I4.0

O relatório publicado pela Academia de Ciência e Tecnologia da Alemanha (Acatech) em 2013 destaca três características principais da I4.0 (i) integração vertical dos sistemas da organização, (ii) integração horizontal em redes colaborativas e (iii) soluções ponta-a-ponta na cadeia. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). A primeira refere-se à integração entre os vários níveis hierárquicos dos sistemas informatizados de uma organização, desde coletores de dados no chão de fábrica (sensores), passando pelos sistemas intermediários (como por exemplo o *Manufacturing Execution System* - MES), até os sistemas integrados de gestão (os *Enterprise Resource Planning* - ERP).

A integração horizontal refere-se à integração dos sistemas utilizados nas atividades que agregam valor a um produto ou serviço dentro de uma empresa ou para além dos limites organizacionais, envolvendo todos os participantes no processo. Esse enfoque se justifica porque os sistemas existentes nas organizações hoje possuem interfaces pouco padronizadas e requerem desenvolvimento para sua integração e aplicação. Se a interoperabilidade²⁸ não for garantida, não há como desenvolver a I4.0 (LU, 2017; MAZAK; HUEMER, 2016).

As duas primeiras características habilitam a terceira: a integração ponta a ponta, promovendo a transparência em todo o ciclo de vida do produto. A obtenção e análise de dados, ao longo desse ciclo, levam a melhores decisões de seu *design* de produto e processo.

As características da I4.0 destacadas pela Acatech mostram que a mudança disruptiva fundamental não está nas tecnologias por si só, mas no seu impacto na concepção, produção e distribuição de bens e serviços. A I4.0 flexibiliza o processo de criação de valor, possibilitando a realização de novas propostas de valor. Por meio de sistemas produtivos flexíveis, integrados e não limitados às fronteiras organizacionais, a personalização de soluções torna-se viável e amplia as possibilidades de ganho. (ANDERSON, 2006; BRETTEL *et*

²⁸ Interoperabilidade é definida como “[...] a capacidade de diferentes sistemas de tecnologia, componentes de sistema ou aplicativos de *software* para estabelecer comunicação entre eles, trocar dados e interpretar adequadamente as informações recebidas para seu uso. Essa propriedade se aplica a interações dentro de um sistema (ou seja, a comunicação interna de seus diferentes componentes), mas também à interação entre dois ou mais sistemas.” (GONZALEZ-USACH *et al.*, 2019, p.149). Tradução livre da autora.

al., 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Novos arranjos na cadeia de valor mudam a captura de valor por parte dos participantes. Num relatório da OCDE sobre a ‘nova revolução da produção’, um exemplo dos impactos dessas tecnologias no cenário competitivo é citado:

O principal risco para as montadoras provavelmente não é tanto que um carro da Apple destrua a Mercedes-Benz ou a BMW da mesma forma que o iPhone destruiu a Nokia [...]. Em vez disso, o risco é que a Apple e o Google transformem as montadoras em meros fabricantes de *hardware* – e prejudiquem o lucro.²⁹ (EWING, 2015 apud OECD, 2017, p.94).

Essa colocação é confirmada no discurso feito em janeiro de 2018, pelo presidente da Toyota (TOYOTA, 2018):

A tecnologia está mudando rapidamente em nossa indústria e a corrida já começou. Nossos concorrentes não mais apenas fazem carros. Empresas como Google, Apple e até o Facebook são sobre o que penso à noite, porque, afinal de contas, nós também não começamos fabricando carros!³⁰

As transformações nos processos e nas relações intra e inter firmas mostram a profundidade e a abrangência do fenômeno. De fato, diversos estudos abordam a mudança no cenário competitivo (por exemplo, YUE *et al.*, 2015; ARNOLD *et al.*, 2016; MÜLLER-SEITZ *et al.*, 2016; PFISTERER *et al.*, 2016; SUNG, 2017; SCHNEIDER, 2018). O conjunto de tecnologias envolvidas na I4.0 deve ser compreendido para que se compreenda melhor o fenômeno.

2.2.2 Tecnologias da Indústria 4.0

A tecnologia constituiu-se um fator central das chamadas revoluções industriais. Textos importantes sobre o tema afirmam que boa parte das mudanças econômicas e sociais ocorridas na sociedade desde o século XVIII foram induzidas pela tecnologia. (FREEMAN; SOETE, 1997; LANDES, 2003; MOKYR, 1997). Perez (2002) atribui os surtos de desenvolvimento dos últimos

²⁹ Tradução livre da autora. “*The main risk for car makers is probably not so much that an Apple car would destroy Mercedes-Benz or BMW the way the iPhone gutted Nokia [...]. Rather, the risk is that Apple and Google would turn the carmakers into mere hardware makers – and hog the profit.*”

³⁰ Tradução livre da autora. “*Technology is changing quickly in our industry and the race is on. Our competitors no longer just make cars. Companies like Google, Apple, and even Facebook are what I think about at night because after all, we didn't start out by making cars either!*”

200 anos às revoluções tecnológicas. A chamada quarta revolução industrial, também está fortemente embasada na tecnologia. March e Smith (1995, p.252) explicam que “tecnologia inclui as muitas ferramentas, técnicas, materiais e fontes de energia que os humanos desenvolveram para atingir seus objetivos.”³¹.

A quantidade e variedade de tecnologias associadas à I4.0 dificulta a compreensão do fenômeno, e, conseqüentemente, a elaboração de estratégias relacionadas a ela. Por ainda ser um conceito recente, não existem definições e elementos amplamente aceitos e utilizados pela comunidade empresarial e científica. É possível encontrar estudos que citam uma dezena de tecnologias ou mais. (LIN; SHYU; DING, 2017; LIU *et al.*, 2017). Adicionalmente, nem sempre as tecnologias coincidem. Estudos recentes buscam aumentar a compreensão sobre esse aspecto. Oztemel e Gursev (2018) apresentaram uma extensa revisão da literatura e explicam diversas tecnologias em detalhes. Ghobakhloo (2018) identificou tecnologias e princípios de *design* da I4.0. Schlund e Baaij (2018) fizeram uma revisão sistemática da literatura de 38 textos, avaliando a importância de cada tecnologia e a frequência com que são mencionadas. Chiarello *et al.* (2018) realizaram o agrupamento de 100 tecnologias usando *links* da Wikipedia, encontrando 11 *clusters* de tecnologia.

Uma revisão sistemática de 161 artigos científicos realizada pela autora desta tese e co-autores, publicada em junho de 2019 no *Journal of Manufacturing Technology Management*, apontou 111 tecnologias relacionadas à I4.0. (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES, 2019). As mais citadas nos textos analisados foram: CPS, IoT, BDA e CC.

O termo CPS foi cunhado em 2006 por Helen Gill, Diretora do Programa de Sistemas Embarcados e Híbridos da Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos, e significa a combinação de sistemas físicos e sistemas cibernéticos. (LEE, 2015). Os dois sistemas – o físico e o virtual – agem como se fossem um, de forma que tudo o que acontece com o físico impacta no virtual e vice-versa.(LEE, 2010). Os CPS envolvem a interação de três elementos: sistemas embarcados, redes de comunicação e sua conexão pela Internet e pessoas. (GEISBERGER *et al.*, 2011; NIST, 2013). Pesquisas sobre

³¹ Tradução livre da autora. “*Technology includes the many tools, techniques, materials, and sources of power that humans have developed to achieve their goals.*”.

CPS estão em estágio inicial, focam nos conceitos, arquitetura e modelagem e ainda mostram poucos casos reais de aplicação. (BAHETI; GILL, 2011; KANG *et al.*, 2016; LEE, 2015). Os CPS podem ser utilizados nos mais diversos setores.(GEISBERGER *et al.*, 2011; LEE, 2015).

O conceito de IoT foi documentado pela primeira vez em 2002 em uma reportagem da Forbes Magazine e se propagou rapidamente. (MATTERN; FLOERKEMEIER, 2010). Em 2011 a Gartner incluiu a IoT no seu estudo '*Hype Cycle for Emerging Technologies*'. O termo refere-se à conexão de uma infinidade de 'coisas' e objetos na rede, de forma que cada um tenha sua própria identidade e possa estar conectado de forma permanente ou intermitente. (FENN; LEHONG, 2011). Wang *et al.* (2017, p.4) colocam que "[...] a IoT pode ser considerada uma rede na qual os CPS interagem entre si por esquemas de endereçamento exclusivos.³²". Assim como o CPS, a IoT pode ser aplicada nos mais diversos setores.

O BDA está relacionado a métodos de extrair informações relevantes de uma grande massa de dados. (GANDOMI; HAIDER, 2015). A tecnologia consiste no uso de algoritmos para descobrir padrões e informações relevantes nos dados. Para tanto, utiliza técnicas estatísticas, bem como regras, heurísticas e modelagem. (PROVOST; FAWCETT, 2013). É importante salientar que, diferentemente da estatística que trabalha com amostras representativas da população de dados, o BDA trabalha na lógica oposta: usa a população para descobrir padrões. Isto é possível, graças ao desenvolvimento, tanto dos sistemas de coletas de dados (sensores) e dos *softwares* de análise, quanto da possibilidade de armazenagem e processamento distribuído, a chamada computação na nuvem.

O CC consiste num "conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis que podem ser rapidamente provisionados e liberados com o mínimo esforço de gerenciamento ou interação do provedor de serviços"³³. (BADGER *et al.*, 2012, p. 2-1). A definição evidencia a relevância do conceito na I4.0. Isto porque, as decisões descentralizadas e os processos

³² Tradução livre da autora. "[...] *the IoT can be regarded as a network where CPS interacts with each other by unique addressing schemes.*"

³³ Tradução livre da autora. "[...] *a shared pool of configurable computing resources [...] that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction.*"

autoconfiguráveis, apenas para citar algumas funções essenciais à I4.0, exigiriam investimentos em ativos locais e seriam pouco escaláveis sem a nuvem.

Entendendo a I4.0 como um paradigma dirigido por dados, Klingenberg *et al.*, (2019) classificaram as tecnologias identificadas na revisão sistemática em quatro grupos, de acordo com sua função, a saber: (1) Geração e Captura de Dados, (2) Transmissão de Dados, (3) Condicionamento, Armazenagem e Processamento de Dados e (4) Aplicação de Dados.

- Geração e Captura de Dados engloba tecnologias cuja função é gerar e coletar dados a respeito dos produtos, componentes, máquinas, processos e pessoas;
- Transmissão de Dados é composto por tecnologias relacionadas ao transporte dos dados dos seus pontos de origem para os locais em que serão armazenados ou utilizados;
- Condicionamento, Armazenagem e Processamento é o grupo de tecnologias relacionadas à guarda e manutenção, disponibilização e transformação dos dados em informação para um determinado objetivo;
- Aplicação de Dados refere-se à utilização dos dados para mudar as diversas atividades da cadeia de valor, desenvolvendo as capacidades de um sistema produtivo avançado.

A Tabela 2 mostra o agrupamento das tecnologias citadas em pelo menos três artigos revisados pelos autores.

Tabela 2 - Agrupamento das tecnologias por função de dados

1. Geração e Captura de Dados	2. Transmissão de Dados	3. Conficionamento, Armazenagem e Processamento de Dados	4. Aplicação de Dados
<i>Sensors</i>	<i>Internet of Things</i>	<i>Big Data Analytics</i>	<i>Smart Factories</i>
<i>Embedded Systems</i>	<i>Internet of Services</i>	<i>Cloud Computing</i>	<i>Smart Manufacturing</i>
<i>Actuators</i>	<i>Internet</i>	<i>Artificial Intelligence</i>	<i>Robotics</i>
<i>RFID</i>	<i>Networks</i>	<i>Cloud</i>	<i>Smart Products</i>
<i>Smart Sensors</i>	<i>Standards & Protocols</i>	<i>Cybersecurity</i>	<i>Autonomous Vehicles</i>
	<i>Industrial Internet of Things</i>	<i>Augmented Reality</i>	<i>Smart Machines</i>
	<i>Semantics & Ontologies</i>	<i>3D Printing</i>	<i>Smart Robots</i>
	<i>Wireless Sensor Networks</i>	<i>Additive Manufacturing</i>	<i>Smart Services</i>
	<i>Communication Networks</i>	<i>Simulation</i>	<i>Smart Artifacts</i>
	<i>Industrial Wireless Networks</i>	<i>Virtual Reality</i>	
	<i>Machine Networks</i>	<i>Cloud Manufacturing</i>	
	<i>Service-Oriented Architecture</i>	<i>Industrial Big Data</i>	
	<i>Machine to Machine</i>	<i>Advanced Analytics</i>	
	<i>Mobile Internet</i>	<i>Agents</i>	
	<i>Computer Networks</i>	<i>Blockchain</i>	
	<i>Sensor Networks</i>	<i>Interface Technologie</i>	
	<i>Wireless Networks</i>	<i>Visual Computing</i>	
	<i>Industrial Networks</i>		
	<i>Internet of Everything</i>		

Fonte: Adaptada de Klingenberg *et al.* (2019).

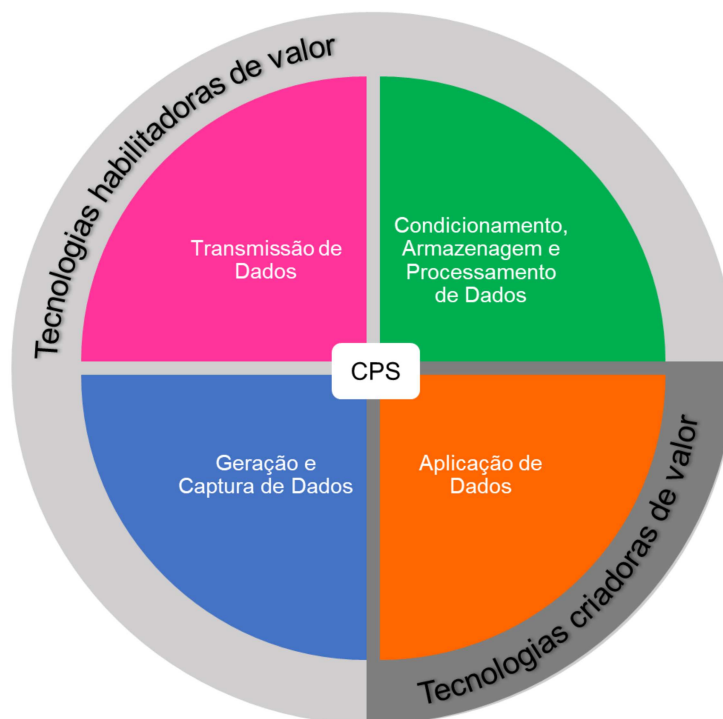
Os autores não classificaram o CPS em um dos quatro grupos por entenderem que a tecnologia envolve todas as quatro funções. As tecnologias dos grupos 1, 2 e 3 são componentes do CPS ou são utilizadas por ele, que, por sua vez, é aplicado às tecnologias do grupo 4. (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES, 2019).

Os grupos 2 e 3 tiveram o maior número de tecnologias e maior frequência nos textos, e os grupos 1 e 4 foram menos relevantes. Os autores explicam que esse resultado é consistente com o estágio de maturidade do paradigma. A captura e geração de dados já estão estabelecidas nos sistemas produtivos, justificando o baixo número de tecnologias e frequência nos textos. A transmissão, processamento e análise dos dados ainda exigem pesquisa e levam muitas publicações a se concentrarem nessas tecnologias. Por fim, as tecnologias de aplicação de dados ainda são incipientes, existindo comparativamente poucos estudos publicados.

A partir da análise dos dados, os autores ainda classificam os grupos por função de valor. As tecnologias pertencentes aos três primeiros grupos são habilitadoras de valor. Isso significa que, embora necessárias, elas não são suficientes para provocar a transformação reivindicada na literatura. As tecnologias do grupo de aplicação de dados são criadoras de valor.

Logicamente, para que tecnologias de criação de valor existam é necessário desenvolver as tecnologias habilitadoras. A Figura 9 ilustra essa abordagem.

Figura 9 - Grupos por função de valor



Fonte: Klingenberg *et al.* (2019, p.17).³⁴

O estudo de Klingenberg *et al.* (2019) evidencia a importância dos dados na I4.0. De fato, a União Europeia chegou a fazer uma comparação direta do *big data* (BD) com um recurso poderoso do passado, chamando-o de 'novo petróleo'. (EUROPEAN COMMISSION, 2014). O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA (NIST) define BD como "[...] extensos conjuntos de dados, principalmente nas características de volume, variedade, velocidade e/ou variabilidade que requerem uma arquitetura escalável para armazenamento, manipulação e análise eficientes."³⁵. (NIST BIG DATA PUBLIC WORKING GROUP, 2015, p. 5).

Dados sobre produtos, processos, pessoas, hábitos, sempre existiram e guiaram as decisões empresariais e governamentais, mas costumavam ser caros e difíceis de serem obtidos e armazenados e, por isso, não eram

³⁴ Tradução livre da autora.

³⁵ Tradução livre da autora. "[...] extensive datasets primarily in the characteristics of volume, variety, velocity, and/or variability that require a scalable architecture for efficient storage, manipulation, and analysis."

abundantes. (DAVENPORT; BARTH; BEAN, 2012; MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012). Ao mesmo tempo, ferramentas para a análise dos dados eram limitadas ou demasiadamente complexas. Na manufatura, o uso dos dados coletados muitas vezes ainda fica limitado à garantia de rastreabilidade. (AUSCHITZKY; HAMMER; RAJAGOPAL, 2014). Nesse contexto, o dado tem uma importância relativa, e a experiência, o conhecimento dos indivíduos e grupos é o que realmente importa nas decisões e ações. Mas o ambiente competitivo dinâmico tem exigido das organizações respostas cada vez mais rápidas e acertadas. (D'AVENI; GUNTHER, 1994; MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012).

A Terceira Revolução Industrial gerou condições para que os dados sejam gerados em grande volume, variedade, velocidade e variabilidade, e com custos decrescentes. (CHANG; GRADY, 2015). Entre os avanços técnicos que agiram como habilitadores do BD estão o sensor – que evoluiu significativamente em termos de tamanho, capacidade, precisão e custo, permitindo a geração e captura de dados de coisas e pessoas – e a Internet – que viabilizou a ligação entre pessoas e negócios, gerando e comunicando dados a baixo custo. (CHEN; CHIANG; STOREY, 2012; MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012). O aumento da capacidade e redução dos custos dos processadores, a possibilidade de armazenamento remoto e distribuído e o surgimento de *softwares* comerciais ou mesmo gratuitos de análise (como o R) e plataformas *open source* de tratamento de dados (como o Hadoop) – contribuíram para o avanço do BD. (DAVENPORT; BARTH; BEAN, 2012).

Diferentemente dos recursos ligados às revoluções industriais anteriores, que, apesar de abundantes, quando usados decrescem os estoques, os dados não são consumidos quando usados, podendo, inclusive aumentar (quando alimentam simulações, resultando em novos dados, por exemplo). Os dados podem ser utilizados tantas vezes quantas necessárias e por vários agentes ao mesmo tempo. Isso significa que são bens não rivais e abundantes, o que aumenta seu potencial transformador. (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2016).

Os dados podem ser utilizados com diversos fins. Klingenberg *et al.* (2019) sugerem que as empresas devem se questionar como, em seus

negócios, os dados podem ser aplicados para gerar valor. Os potenciais benefícios da I4.0 é que guiam essa análise.

2.2.3 Benefícios da Indústria 4.0

As empresas aplicam as tecnologias da I4.0 com dois objetivos: melhoria das operações (P&D, Suprimentos, Produção, Distribuição, M&V e Serviços) e o desenvolvimento de novas propostas de valor para o cliente. (BINKHUYSEN; GRAAF, 2018; DALENOGARE et al., 2018; OZTEMEL; GURSEV, 2018; SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016; WANG et al., 2017). Os dois objetivos estão associados a diversos benefícios, que podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Objetivos e benefícios da I4.0

Objetivo	Benefício	Casos de Uso	Fontes	
Melhoria das Operações P&D Suprimentos Produção Distribuição M&V Serviços	Redução de custos Maior eficiência no uso dos recursos	Manutenção preditiva	Li et al., 2016; Yan et al., 2017	
		Ferramentas de máquinas reconfiguráveis	Gadalla e Xue, 2017	
		Simulação de novos processos	Negri et al., 2017	
		Melhor utilização energética	Ang et al., 2017; Stock e Seliger, 2016	
		Melhoria da montagem ou da separação de produtos	Paelke, 2014; Posada et al., 2015	
		Agilidade de reorganização das linhas	Schleipen et al., 2015	
	Aumento incremental das receitas Melhor entendimento das necessidades do consumidor Melhor gerenciamento das interfaces com o cliente		Menor <i>time to market</i>	Agarwal e Brem, 2015; Brettel et al., 2014; Schuh et al., 2015
			Sistemas de recomendação embasada em dados	Ryoji Kimura et al. 2019
			Digitalização da jornada do cliente	Edelman e Singer, 2015
			Co-criação	Davenport et al., 2012; Porter e Heppelmann, 2014
Desenvolvimento de Novas Soluções	Criação de novas fontes de receita	Serviços associados aos produtos existentes	Roller, 2019	
		Produtos e serviços não relacionados aos produtos existentes	England, 2020	

Fonte: Elaborada pela autora.

A melhoria das operações visa à redução de custos e/ou o aumento incremental das receitas. (BRETTEL et al., 2014; RÜSSMANN et al., 2015; SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016). A redução de custos está relacionada à maior eficiência no uso dos recursos, enquanto o aumento incremental das receitas relaciona-se ao melhor entendimento das

necessidades do consumidor, melhor gerenciamento das interfaces com o cliente e menor tempo de lançamento de novos produtos. (SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016). Na literatura sobre I4.0 é possível encontrar diversos casos de uso que exemplificam a melhoria das operações. Um dos casos mais citados é a manutenção preditiva, que prevê as possíveis falhas nas máquinas e equipamentos e trata as causas antes que elas gerem impactos no processo produtivo. (LI; WANG; HE, 2016; YAN *et al.*, 2017). Outro exemplo são as ferramentas de máquinas reconfiguráveis, visando se adequar a diferentes requisitos da manufatura. (GADALLA; XUE, 2017). A simulação de novos processos utilizando gêmeos digitais³⁶ também exemplifica um ganho de operações. (NEGRI; FUMAGALLI; MACCHI, 2017). Outros exemplos que podem ser encontrados são: melhor utilização energética (ANG *et al.*, 2017; STOCK; SELIGER, 2016), melhoria da montagem ou da separação de produtos utilizando realidade aumentada (PAELKE, 2014; POSADA *et al.*, 2015), agilidade de reorganização das linhas com sistemas *plug-and-work* (SCHLEIPEN *et al.*, 2015) e aceleração no desenvolvimento e lançamentos de novos produtos (*time to market*). (AGARWAL; BREM, 2015; BRETTEL *et al.*, 2014; SCHUH; REUTER; HAUPTVOGEL, 2015).

Exemplos de aplicações das tecnologias para a geração de aumento incremental das receitas, embora menos comuns que os anteriores, podem ser encontrados na literatura da I4.0. Os casos de uso mais citados são a utilização de sistemas de recomendação embasada em dados (RYOJI KIMURA; REEVES; WHITAKER, 2019), a digitalização da jornada do cliente³⁷ (EDELMAN; SINGER, 2015), a participação do cliente na criação de novos produtos (DAVENPORT; BARTH; BEAN, 2012; PORTER; HEPPELMANN, 2014), e a simulação do uso do produto. (CHEN *et al.*, 2017; JOHN DEERE, 2016a)

O desenvolvimento de novas propostas de valor para o cliente visa à criação de fontes de receita. Novas soluções podem incluir serviços associados aos produtos existentes e a produtos e serviços não relacionados. Um exemplo de serviços associados aos produtos é o serviço de monitoramento de frota

³⁶ Gêmeos digitais são modelos virtuais de objetos físicos criados para simular seus comportamentos (TAO; ZHANG, 2017).

³⁷ A jornada do cliente envolve todo o processo desde a consideração da marca, compra, avaliação e vinculação. (EDELMAN, 2010).

oferecido pela John Deere, tradicional fabricante de máquinas e equipamentos. (ROLLER, 2019). A geração de receitas por negócios não relacionados pode ser exemplificada pela monetização, pela Samsung, dos dados gerados nas transações realizadas com o *Samsung Pay*. (ENGLAND, 2020).

Analisando os casos de uso, pode-se dizer que a melhoria das operações é o objetivo da I4.0 voltada para dentro da organização, sendo mais evolutiva, pois aplica as tecnologias aos processos existentes no intuito de melhorá-los. Já o desenvolvimento de novas propostas de valor para o cliente é o objetivo da I4.0 voltada para fora da empresa, sendo mais disruptiva, uma vez que utiliza as tecnologias para criar algo inexistente, transformar os negócios. A literatura da I4.0 sugere que essa perspectiva tem as maiores expectativas de ganhos. (ESMAEILIAN; BEHDAD; WANG, 2016; PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2019a). Não obstante, entende-se que a combinação de ambas as abordagens aumenta a sinergia e potencializa os benefícios. De fato, muitas empresas engajam-se na transformação digital para dentro e para fora. Ambas as abordagens envolvem a cadeia de valor.

2.3 A INDÚSTRIA 4.0 E A CADEIA DE VALOR

A cadeia de valor é um tema muito citado e pouco explorado na literatura sobre a I4.0. (SCHNEIDER, 2018). Contudo, como já foi mencionado na introdução deste trabalho, não há um guia, ou uma estrutura que auxilie as empresas a pensar e a aprender sobre a transformação digital nesse nível de análise. Duas abordagens foram encontradas na literatura sobre o tema. A primeira engloba textos que apenas citam a expressão cadeia de valor como o 'local' onde acontecerão as mudanças. A segunda abordagem consiste em textos que criam possíveis cenários e determinam, *ex-ante*, os impactos da I4.0 na cadeia de valor.

2.3.1 A Cadeia de Valor como 'Local' onde Acontecerão as Mudanças

Muitos textos colocam que a I4.0 trata de mudanças na cadeia de valor. Hermann; Pentek e Otto (2015, p.11) por exemplo, definem a I4.0 como "um termo coletivo para tecnologias e conceitos da organização da cadeia de

valor”³⁸. Chen (2019, p.120) afirma que “a digitalização tem sido um importante fator de mudança em toda a cadeia de valor [...]”³⁹. Ghobakhloo (2018, p. 924) coloca que “A Indústria 4.0 se baseia na integração horizontal para conectar todas as funções e dados em toda a cadeia de valor no escopo global”⁴⁰. Semolic e Steyn (2017, p.8) afirmam que a “competitividade geral da empresa na Indústria 4.0 não depende apenas da inovação, otimização e competitividade de seus recursos, mas da inovação total da cadeia de valor interorganizacional [...]”⁴¹. Zhong *et al.* (2017, p. 616) caracterizam a I4.0 como “[...] uma nova era tecnológica que irá fundamentalmente transformar cadeias de valor industriais, cadeias de valor produtivas e modelos de negócio”⁴². Maslarić *et al.*, (2016, p.511) referem-se à I4.0 como “[...] um estágio à frente de desenvolvimento na organização e gerenciamento de todo o processo da cadeia de valor envolvido na indústria de transformação”⁴³.

Os diversos trechos evidenciam que a cadeia de valor é utilizada como o ‘local’ onde as mudanças se darão. Entende-se que a origem dessa visão está no trabalho de Kagermann *et al.* (2013, p. 19) que estabelece que a I4.0 resultará “[...] na transformação de cadeias de valor convencionais e no surgimento de novos modelos de negócios”⁴⁴. Com base nesses trechos pode-se considerar que a I4.0 não se limita à firma, envolvendo toda a estrutura subjacente ao processo de criação de valor.

2.3.2 Mudanças Esperadas na Cadeia de Valor

Apesar de não terem sido encontrados textos que sirvam como um guia para as empresas aprenderem sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor,

³⁸ Tradução livre da autora. “*Industrie 4.0 is a collective term for technologies and concepts of value chain organization.*”

³⁹ Tradução livre da autora. “*Digitalization has been a major driver of change throughout the value chain [...]*”.

⁴⁰ Tradução livre da autora. “*Industry 4.0 relies on horizontal integration for connecting all functions and data across the value chain at the global scope.*”^x

⁴¹ Tradução livre da autora. “*Overall competitiveness in the Industry 4.0 enterprise does not depend solely on innovation, optimisation, and competitiveness of its resources, but the total inter-organisational value chain innovativeness [...]*”

⁴² Tradução livre da autora. “*[...] a new technological age that will fundamentally transform industry value chains, production value chains, and business models.*”

⁴³ Tradução livre da autora. “*[...] a further developmental stage in the organization and management of the entire value chain process involved in manufacturing industry.*”

⁴⁴ Tradução livre da autora. “*[...] in the transformation of conventional value chains and the emergence of new business models.*”

foram encontrados quatro estudos que se propõem a discutir os efeitos da I4.0 na cadeia de valor: Porter e Heppelmann (2015); Strange e Zucchella (2017); Nagy *et al.* (2018) e Ferrantino e Koten (2019).

O artigo de Porter e Heppelmann (2015) consiste em uma análise detalhada das mudanças que o produto 'inteligente e conectado' pode gerar na cadeia de valor. Os autores tratam de três aspectos: os novos relacionamentos com o cliente – que passam a ser contínuos e abertos – novos processos – envolvendo a redefinição das atividades de P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços – e novas estruturas organizacionais – mais integradas e com novas funções. No que tange aos novos processos, a Tabela 4 mostra os principais pontos destacados pelos autores.

Tabela 4 - Principais impactos do produto conectado e inteligente nas atividades da cadeia de valor

Atividade	Principais impactos
P&D	<ul style="list-style-type: none"> - Mudanças do enfoque de sistemas mecânicos para sistemas interdisciplinares, envolvendo diversas áreas da engenharia. - Customização dos produtos mais barata, viabilizada pela variação no software; novas versões dos produtos lançadas via upgrade de software. - Novas interfaces com o usuário por meio de realidade aumentada. - Monitoramento da qualidade do produto durante seu uso, permitindo a contínua retroalimentação do processo de desenvolvimento. - Alteração dos parâmetros de <i>design</i> motivada pelo modelo de produto como serviço. - Oportunidade para o desenvolvimento de soluções em conjunto com outros atores facilitada pela interoperabilidade dos sistemas.
Manufatura	<ul style="list-style-type: none"> - Fábricas inteligentes com máquinas conectadas e tomando decisões para a melhoria de eficiência. - Simplificação do produto físico, viabilizada pelo aumento de funcionalidades através de <i>softwares</i>. - Processos de montagem modificados, permitindo a customização do produto até mesmo fora da planta, por meio de programação de software. - Operação continuada, na medida em que o produto vai sendo monitorado e modificado ao longo do seu ciclo de vida.
Logística	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoramento completo e contínuo dos produtos, veículos e tráfego. - Utilização de veículos auto guiados.
M&V	<ul style="list-style-type: none"> - Novas formas de segmentação, embasadas em características mais detalhadas sobre o uso do produto - Relacionamento contínuo com o consumidor. - Novos modelos de negócio tais como pagamento por uso e produto como serviço. - Foco no sistema do uso do produto, permitindo a complementaridade de suas funções por produtos e serviços oferecidos no mercado.
Serviços	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção eficiente, realizada em apenas uma visita do técnico, viabilizada pela possibilidade de detectar o problema remotamente. - Manutenção remota, por meio do acesso ao produto e da resolução de problemas pela atualização de <i>software</i>, ou através de instruções dadas ao usuário utilizando, por exemplo, realidade aumentada. - Manutenção preditiva, viabilizada pelo monitoramento dos equipamentos e da utilização de algoritmos que detectam problemas antes que eles gerem quebras ou paradas. - Expansão do papel tradicional dos serviços e desenvolvimento novas soluções.

Fonte: Elaborada pela autora com base em Porter e Heppelmann (2015).

Porter e Heppelmann (2015) fazem uma profunda discussão sobre os impactos nas atividades desempenhadas pela firma e seus efeitos no desenho organizacional. Assim, fornecem subsídios para a discussão da transformação

digital das atividades, mas não avançam na discussão do processo de criação de valor para além das fronteiras da firma.

Nagy *et al.* (2018) se propõem a analisar os impactos da I4.0 na estratégia de negócios da cadeia de valor, utilizando o conceito de Porter (1985). Os autores apresentam as tecnologias centrais da I4.0, analisando algumas empresas na Hungria. Concluem que apesar de todas as atividades serem afetadas, a produção se destaca. O texto descreve a automação e o ganho de eficiência em algumas etapas da manufatura e analisa o nível de maturidade de digitalização das empresas participantes do estudo. Os impactos na estratégia de negócios da cadeia de valor não ficaram claros, não havendo contribuição significativa do estudo para o propósito deste trabalho.

Strange e Zucchella (2017), explicam os efeitos da I4.0 na organização das cadeias de valor globais. Esse estudo considera o processo de criação de valor além firma e discute diversas tendências, trazendo informações relevantes para o objetivo desta tese. Os autores colocam que a I4.0 levará a “[...] mudança de atividades de manufatura isoladas para fluxos de dados e produtos automatizados, otimizados e totalmente integrados nas cadeias de valor (globais).”⁴⁵ (STRANGE; ZUCHELLA, 2017, p.175). Ao analisar as tecnologias IoT, BDA, robôs e manufatura aditiva, os autores discutem as principais mudanças nos negócios internacionais, a saber:

- fusão entre o produto e suas informações, que tradicionalmente eram tratados em processos paralelos, facilitando o monitoramento e controle da criação de valor;
- simplificação da cadeia em termos de número de atividades, dispersão geográfica, e relacionamento entre participantes;
- redução dos custos de transação e, conseqüentemente, a acentuação da divisão do trabalho no âmbito internacional;
- repatriação da manufatura para os países de origem (*reshoring*), viabilizada pela automação;
- aumento do fluxo de dados entre países, gerado pelo sensoriamento dos produtos e componentes e pelo monitoramento *on-time* dos processos.

⁴⁵ Tradução livre da autora. “[...] change from isolated manufacturing activities to automated, optimised and fully integrated product and data flows within (global) value chains.”.

- maior automação das atividades, substituindo trabalhos que exigem baixa qualificação e aumentando a demanda por trabalhadores altamente qualificados;
- relacionamentos mais próximos entre produtor e consumidor, uma vez que as interações se transformam de pontuais para contínuas;
- surgimento de novos atores na cadeia global, principalmente empresas de tecnologia que passam a atuar como provedores de solução, tais como Amazon e Google.

Por fim, os autores salientam que, em razão da flexibilidade dos sistemas produtivos, da complementaridade entre as soluções e da alteração das relações de poder, ficará cada vez menos clara a definição de quem agrega valor, quem se beneficia do valor e onde os impostos e taxas devem ser recolhidos. O artigo traz de impactos genéricos e, portanto, não são tão instrutivos para que as organizações discutam e aprendam sobre suas cadeias de valor. Contudo, os impactos identificados podem ser utilizados como subsídio na criação do *framework* objeto desta tese.

Ferrantino e Koten (2019) fazem uma análise dos impactos da cadeia de suprimentos 4.0 nas cadeias de valor globais. Nesse estudo os autores destacam que uma das principais mudanças é a direção dos fluxos de informação. Tradicionalmente a troca de informações entre as empresas participantes da cadeia de valor é linear e envolve apenas o elo de relação imediata. A I4.0 transforma esse fluxo para multidirecional, onde diversos elos passam a compartilhar informações. Outro destaque do estudo é o efeito da I4.0 na geração da grande quantidade de dados que, associada à crescente capacidade de análise dos *softwares* e algoritmos podem gerar mudanças significativas nas atividades desempenhadas. Os autores salientam, inclusive, que algumas aplicações permitirão a substituição dos fluxos físicos por fluxos de dados (manutenção remota e impressão 3D, por exemplo). Essa tendência também é citada em outros estudos (ver Porter e Heppelmann, 2014 e Schneider, 2018). Um relatório da McKinsey sobre a globalização digital (MANYIKA *et al.*, 2016) mostra que o crescimento dos fluxos de bens e financeiros está desacelerando, enquanto o fluxo de dados vem crescendo de forma acelerada, corroborando com a visão desses autores.

Ferrantino e Koten (2019) salientam ainda a possibilidade de redução do número de estágios na cadeia de suprimentos, causada pela repatriação da manufatura e pelo uso de manufatura aditiva, concordando com Strange e Zucchella (2017). Por outro lado, como Strange e Zucchella (2017), os autores ponderam que como as tecnologias da I4.0 reduzem os custos relacionados ao controle e monitoramento da produção, a localização e coordenação de parceiros ao redor do mundo fica mais barata, podendo incentivar um crescimento da divisão do trabalho internacionalmente.

Além desses textos que discutem especificamente a transformação da cadeia de valor em razão da I4.0, outros estudos trazem alguns impactos esperados. É importante salientar que, na maioria dos casos, esses impactos são apenas citados nos textos, não havendo explicação e discussão sobre eles.

Partindo de uma das propostas centrais da I4.0, que é a personalização dos produtos e serviços para atender a necessidades específicas dos consumidores, alguns estudiosos entendem que o *número de atores* envolvidos no processo de criação de valor vai aumentar. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; NISHIOKA *et al.*, 2016; SCHEER, 2019; WEE *et al.*, 2015). Para eles, o que viabiliza a personalização são empresas com propostas ou processos de valor complementares que podem ser configurados de acordo com os requisitos do cliente. Wee *et al.* (2015) explicam que as tecnologias da I4.0 geram oportunidades para novos atores proporem serviços e soluções na cadeia. O processo de criação de valor é distribuído entre os diferentes atores da cadeia e torna-se mais fragmentado, realizado por um conjunto de empresas especializadas. (BLANCHET *et al.*, 2014; MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRČETIĆ, 2016). Cada ator passa a focar naquilo que melhor desempenha e usa as complementaridades oferecidas por outros atores. Por outro lado, Porter e Heppelmann (2014) falam da possibilidade de desintermediação possibilitada pelas novas tecnologias, eliminando a necessidade de parceiros nos canais de distribuição, por exemplo. A desintermediação também é citada em outros estudos. (DELMOND *et al.*, 2017; DELOITTE, 2015; WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE, 2017b).

Outro impacto bastante discutido na literatura é a servitização da manufatura. Trata-se da integração de serviços aos bens, agregando valor ao

longo do ciclo de vida do produto. Na I4.0 empresas que produzem os bens passam a desenvolver serviços relacionados, que vão além da tradicional assistência técnica. (FRANK *et al.*, 2019; HUXTABLE; SCHAEFER, 2016; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SMINIA *et al.*, 2018; VEZA; MLADINEO; GJELDUM, 2015). Essa tendência tem relação com as identificadas por Strange e Zucchella (2017) e Porter e Heppelmann (2015), que apontam para operações continuadas e relacionamentos contínuos com o clientes. Além disso, a servitização implica na ampliação do papel do cliente, que passa a participar mais ativamente do processo de criação de valor, seja por meio do *feedback* do uso dos produtos e serviços, seja atuando como co-criador, ou co-produtor das soluções. (COTTELEER; SNIDERMAN, 2017; DALENOGARE *et al.*, 2018; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Os novos relacionamentos entre os atores da cadeia resultam em mudanças nos contratos. Foram encontradas na literatura menções a introdução de contratos inteligentes⁴⁶ (*smart contracts*) (MOHAMED; AL-JAROODI, 2019; SCHEER, 2019), contratos embasados em desempenho⁴⁷ (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PORTER; HEPPELMANN, 2014; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017) e contratos de produto como serviço⁴⁸ (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PORTER; HEPPELMANN, 2014).

Outro impacto identificado são as novas formas de organização que extrapolam as fronteiras tradicionais da firma. (ANG; GOH; LI, 2016; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Alguns autores falam sobre a virtualização da cadeia de valor, uma vez que a conectividade permite a divisão do trabalho no mundo virtual, utilizando a Internet e dispensando uma sede física ou mesmo uma forma jurídica. (GÖTZ; JANKOWSKA, 2017; VEZA;

⁴⁶ Os contratos inteligentes são contratos embasados em uma rede pública sem a necessidade do envolvimento de terceiros para garantir a sua credibilidade. (MOHAMED; AL-JAROODI, 2019). O conceito está frequentemente relacionado à tecnologia *Blockchain*, que permite que o acordo seja executado automaticamente, de acordo com algoritmos e parâmetros pré-definidos. (SAVELYEV, 2017).

⁴⁷ Porter e Heppelmann (2014) definem os contratos com base no desempenho como contratos de venda do produto com um conjunto de garantias sobre o seu desempenho. Portanto, transfere-se a propriedade, mas o fabricante permanece com a responsabilidade de desempenho sobre o produto.

⁴⁸ Nos contratos de produto como serviço a propriedade do produto é mantida com o fabricante, e ele opera o produto para o cliente, recebendo com base nos resultados gerados (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

MLADINEO; GJELDUM, 2015). As cadeias de valor passam a ser mais dinâmicas, flexíveis, se reconfigurando de acordo com os requisitos do cliente, em tempo real e auto organizadas. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHUH *et al.*, 2017; USLÄNDER; EPPLE, 2015). Essa dinamicidade, altera os papéis dos atores, que colaboram e competem na mesma cadeia, a chamada 'co-opetição'. (CHOU; ZOLKIEWSKI, 2018; OECD, 2017). A interação dinâmica com diversos atores para a criação de valor é viabilizada pela definição de requisitos claros e sistemas com interfaces facilmente acopláveis, que permitem interoperabilidade. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; KANS; INGWALD, 2016; KIEL *et al.*, 2016; PICCAROZZI; AQUILANI; GATTI, 2018; RONG *et al.*, 2015).

A redução do *lead time* do processo de criação de valor é mais um impacto esperado, ao qual os autores normalmente se referem como encurtamento da cadeia de valor. (GÖTZ; JANKOWSKA, 2017; SCHUH; REUTER; HAUPTVOGEL, 2015; STRANGE; ZUCHELLA, 2017). O encurtamento se dá pelo uso de tecnologias em processos, produtos ou serviços que integram ou tornam desnecessárias etapas antes existentes. Por um lado, o efeito está relacionado à tendência de substituição de fluxos físicos por fluxos de dados, apontada por Ferrantino e Koten (2019). Scheer (2019) exemplifica como, no processo de fotografia, as câmeras digitais eliminaram diversas atividades que não criavam valor, mas eram intrínsecas ao processo de criação (revelação do filme, por exemplo). Por outro, o encurtamento pode se dar em razão da automação (GÖTZ; JANKOWSKA, 2017) ou local onde as atividades são desempenhadas. (STRANGE; ZUCHELLA, 2017).

Os textos que apresentam os impactos da I4.0 são mais informativos do que aqueles que apenas citam a cadeia de valor como o 'local' onde as mudanças acontecerão. A Tabela 5 resume os impactos identificados.

Tabela 5 - Impactos da I4.0 na cadeia de valor identificados na literatura

Impactos da I4.0 na Cadeia de Valor	Fontes
Automação e mudança no conteúdo das atividades tradicionais da cadeia de valor	Porter e Heppelmann, 2015; Strange e Zucchella, 2017
Intensificação da divisão do trabalho internacionalmente	Strange e Zucchella, 2017; Ferrantino e Koten, 2019
Repatriação das atividades de manufatura	Strange e Zucchella, 2017; Ancarani et al., 2019; Ferrantino e Koten, 2019
Aumento do fluxo de dados	Porter e Heppelmann, 2014; Schneider, 2018; Strange e Zucchella, 2017
Substituição de fluxos físicos por dados	Porter e Heppelmann, 2014; Scheer, 2019; Ferrantino e Koten, 2019; Manyika et al., 2016
Troca de dados em todos os sentidos	Manyika et al., 2016; Ferrantino e Koten, 2019
Encurtamento das cadeias de valor	Schuh et al., 2015; Götz e Jankowska, 2017; Strange e Zucchella, 2017; Ferrantino e Koten, 2019
Aumento do número de atores	Kagermann et al., 2013; Roland Berger, 2014; Wee et al., 2015; Maslaric et al., 2016; Nishioka et al., 2016; Strange e Zucchella, 2017; Scheer, 2019;
Desintermediação da cadeia de valor	Porter e Heppelmann, 2014; Delmond, 2014; WEF e Accenture, 2017
Alteração das relações de poder na cadeia	Strange e Zucchella, 2017
Relacionamento contínuo com o cliente	Porter e Heppelmann, 2015; Arnold et al., 2016; Schuh et al., 2017; Strange e Zucchella, 2017
Servitização (produto como serviço)	Frank et al., 2019; Huxtable e Schaeffer, 2016; Rymaszewska et al., 2017; Sminia et al., 2018; Veza et al., 2015
Co-criação	Cotteleer e Sniderman, 2017; Dalenogare et al., 2018; Kagermann et al., 2013
Novos tipos de contratos	Mohamed e Al-Jaroodi, 2019; Scheer, 2019; Kagermann et al., 2013; Porter e Heppelmann, 2014; Rymaszewska et al., 2017
Produção em redes	Ang et al. 2016; Kagermann et al., 2013
Virtualização da cadeia de valor	Götz e Jankowska, 2017; Veza et al. 2015
Cadeias de valor dinâmicas	Kagermann et al., 2013; Usländer e Epple, 2015; Schuh et al., 2017
Co-operação	OECD, 2017

Fonte: Elaborada pela autora.

Argumenta-se que não se pode generalizar esses impactos para todas as cadeias de valor, isto porque as cadeias de valor são altamente contextuais. (LEPAK; SMITH; TAYLOR, 2007). Isso significa que os efeitos apresentados podem não ocorrer em todas as cadeias, ou não com a mesma intensidade. Nesse sentido, para os fins desta pesquisa as tendências identificadas são

consideradas factíveis e por isso são utilizadas como base para, num nível mais alto de abstração, se chegar aos constituintes do *framework* para compreender os impactos da I4.0 na cadeia de valor.

3 METODOLOGIA

Para que se possa compreender como se chegou à proposição do *framework*, esta seção descreve e explica o método de pesquisa, abordando suas características. Adicionalmente, trata do método de trabalho, que indica as etapas e os procedimentos realizados.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

O problema identificado na presente pesquisa é a ausência de um instrumento para avaliar os impactos da I4.0 na cadeia de valor. Por conseguinte, o trabalho busca desenvolver um *framework* com esse objetivo. O método da *Design Science Research* (DSR), cujo paradigma epistemológico é a ciência do *design*, foi escolhido por ser apropriado quando o objetivo final da pesquisa é a proposta de solução para apoiar problemas reais. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015; HEVNER *et al.*, 2004; PEFFERS *et al.*, 2007; WINTER, 2008).

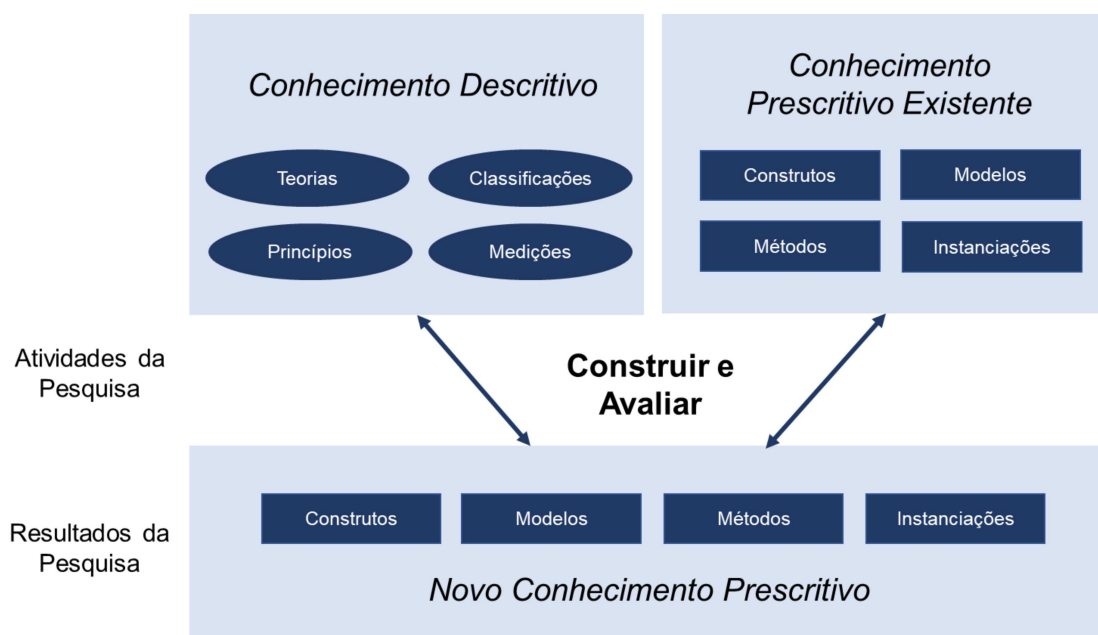
3.1.1 Caracterização da Pesquisa

Tradicionalmente as abordagens científicas são dedutivas, tentando descrever como a realidade deve ser, ou indutivas, procurando explicar como a realidade é. (CHALMERS, 1993). Enquanto as ciências naturais objetivam fazer descobertas e justificá-las, a ciência do *design* procura criar algo que tenha utilidade para o ser humano. (MARCH; SMITH, 1995). A DSR tem como premissa a utilidade dos resultados da pesquisa, atribuindo a ela um enfoque prescritivo ao invés de descritivo. (GREGOR; HEVNER, 2013). Por esse motivo Mahootian e Eastman (2009) descrevem a abordagem como abdutiva. Dresch *et al.* (2015) colocam que a função central dessa abordagem é sugerir como a realidade pode ser. O artefato produto desse tipo de pesquisa não é a realidade, mas sim algo criado, fazendo parte das Ciências do artificial, conforme definido por Simon (1996) em seu texto seminal. Dresch *et al.* (2015) mostram que diversos autores complementam a abordagem abdutiva com as abordagens dedutiva e indutiva. A primeira é usada para buscar na teoria

existente conhecimentos que possam ser utilizados no desenvolvimento da solução, enquanto a segunda é utilizada na generalização da solução para uma classe de problemas.

Gregor e Hevner (2013) explicam que tanto o conhecimento descritivo quanto o prescritivo são utilizados na DSR. O primeiro, representado por teorias, classificações, princípios e medições, é a base para a construção do segundo, que resulta em um artefato. Segundo March e Smith (1995) o artefato pode ter forma de construtos, modelos, métodos ou instanciações. Construtos constituem-se de conceitos, da linguagem que define um determinado fenômeno. Modelos são utilizados para descrever elementos e os relacionamentos em uma dada situação. Métodos caracterizam-se como um passo-a-passo para a realização de determinada tarefa. Finalmente instanciações dizem respeito à operacionalização dos construtos. Os autores ainda explicam duas etapas centrais no desenvolvimento da ciência do *design*: construção e avaliação. A Figura 10 ilustra as etapas da DSR.

Figura 10 - Conhecimentos envolvidos na *Design Science Research*



Fonte: Adaptado de Gregor e Hevner (2013) e March e Smith (1995).

A primeira se refere à criação do artefato, que é resultado da criatividade do pesquisador, e, normalmente, envolve a combinação do conhecimento descritivo existente. O conhecimento prescritivo existente, ou seja, artefatos que se propõem a solucionar problemas da mesma classe ou de classes

semelhantes também podem servir de inspiração. A combinação desses conhecimentos deve resultar em um novo conhecimento prescritivo, cuja utilidade será medida na fase de avaliação. A compreensão de que classe de problemas que está se estudando é importante nesta etapa. Dresch *et al.* (2015, p.104) definem classe de problemas como “a organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações.”.

A segunda etapa, avaliação, visa identificar se o instrumento desenvolvido tem valor, ou seja, se tem capacidade de resolver os problemas apontados. (VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE, 2012). March e Smith (1995) afirmam que é nesta etapa que se compreende se houve um progresso em relação à lacuna identificada. Além disso, a avaliação tem a função de retroalimentar a etapa de criação, apontando problemas nos procedimentos ou no produto da pesquisa. (HEVNER *et al.*, 2004). Hevner *et al.* (2004) citam cinco métodos para avaliar a utilidade, qualidade e eficácia do artefato: avaliação observacional, avaliação analítica, avaliação experimental, teste e avaliação descritiva. A Tabela 6 apresenta os métodos.

Tabela 6 - Métodos para avaliação dos artefatos

Forma de avaliação	Métodos propostos
Observacional	Estudo de caso: estuda o artefato em profundidade no ambiente de negócios. Estudo de campo: monitora o uso do artefato em projetos múltiplos.
Analítica	Análise estática: examina a estrutura do artefato para qualidades estáticas. Análise da arquitetura: estuda o encaixe do artefato na arquitetura técnica do sistema de informação. Otimização: demonstra as propriedades ótimas inerentes ao artefato ou demonstra os limites de otimização no comportamento do artefato. Análise dinâmica: estuda o artefato durante o uso para avaliar suas qualidades dinâmicas (por exemplo, desempenho).
Experimental	Experimento controlado: estuda o artefato em um ambiente controlado para verificar suas qualidades (por exemplo, usabilidade). Simulação: executa o artefato com dados artificiais.
Teste	Teste funcional (<i>black box</i>): executa as interfaces do artefato para descobrir possíveis falhas e identificar defeitos. Teste estrutural (<i>white box</i>): realiza testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (por exemplo, caminhos para a execução)
Descritiva	Argumento informado: utiliza a informação das bases de conhecimento (por exemplo, das pesquisas relevantes) para construir um argumento convincente a respeito da utilidade do artefato. Cenários: constrói cenários detalhados em torno do artefato para demonstrar sua utilidade.

Fonte: Hevner *et al.*, (2004, p.86).

Os quatro primeiros métodos tratam da análise do artefato em ambientes reais ou fictícios, enquanto o último é embasado na argumentação sobre a utilidade do artefato. Além desses métodos, Gregor e Hevner (2013) salientam que qualquer indicativo do valor do artefato deve ser considerado, tais como estatísticas, evidências de impactos no campo e revisões de especialistas.

Dresch *et al.* (2015), em acordo com Gibson e Arnott (2007), destacam que o grupo focal também pode ser utilizado na avaliação do artefato. Tremblay *et al.* (2010) entendem que o grupo focal é adequado tanto para refinar como para avaliar o artefato. Morgan (1996, p.130) defini grupo focal como “[...] uma técnica de pesquisa que coleta dados por meio da interação do grupo em um tópico determinado pelo pesquisador.”⁴⁹. O número de participantes de um grupo focal sugerido por Tremblay *et al.* (2010) pode variar de quatro a doze, e que o grupo deve ter uma certa homogeneidade para permitir a discussão em profundidade do tema. Os autores orientam, ainda, a gravar em vídeo ou áudio, com o consentimento dos participantes. A análise deve ser feita com as técnicas de análise qualitativa.

A escolha do método dependerá “[...] tanto do artefato desenvolvido quanto das exigências acerca da performance desse artefato”. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015, p.100). Gregor e Hevner (2013) salientam que, se durante o desenvolvimento do artefato já foram utilizados métodos robustos, envolvendo vários ciclos formativos, não há a necessidade de a avaliação ser tão completa e profunda. Os autores salientam que, nesses casos, uma prova de conceito é suficiente.

3.1.2 Critérios de Qualidade da Pesquisa

Yin (2005) sugere quatro critérios para julgar a qualidade de um projeto de pesquisa, quais sejam: *validade do construto*, *validade interna*, *validade externa* e *confiabilidade*. A *validade do construto* visa garantir que as dimensões e as relações estabelecidas/identificadas pelo pesquisador de fato representem o fenômeno estudado. O autor explica ainda que a utilização de várias fontes de evidência – triangulação de dados, de pesquisadores, da teoria

⁴⁹ Tradução livre da autora. “[...] a research technique that collects data through group interaction on a topic determined by the researcher”.”

e metodológica –, a criação de um banco de dados para o estudo, e o encadeamento de evidências são princípios de uma boa coleta de dados e aumentam a validade do construto.

A *validade interna* é importante para estudos cujo objetivo é estabelecer relações de causa-e-efeito. Esse critério busca garantir que inferências sejam feitas de forma inadequada, por falta de entendimento de outras variáveis que possam influenciar no contexto. Os instrumentos para assegurar a validade interna são modelos lógicos e tratamento de explicações concorrentes, entre outros.

A *validade externa* se refere à possibilidade de generalização das conclusões. Na DSR o que se mede é se é possível a generalização do artefato para uma dada classe de problemas. (DRESCH *et al.*, 2015).

A *confiabilidade* está relacionada aos procedimentos metodológicos utilizados pelo pesquisador, de maneira que se possa compreender como ele chegou às conclusões e garantir a replicabilidade da pesquisa. Os instrumentos indicados são o registro e explicação detalhada de todas as etapas da pesquisa.

A seção Método de Trabalho mostra como a pesquisa foi operacionalizada. Nela são descritas as diferentes técnicas de coleta e análise de dados utilizadas.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho apresenta os procedimentos realizados em cada etapa do processo de pesquisa DSR – criação e avaliação. A criação do artefato envolveu quatro procedimentos: estudo da literatura, interações da pesquisadora com acadêmicos e profissionais, consulta a especialistas e estudo de caso. A avaliação foi feita através de um grupo focal. A Tabela 7 mostra os procedimentos de cada etapa e os objetivos a eles relacionados.

Tabela 7 - Etapas da pesquisa

Etapa	Procedimento	Objetivo
Criação	- Revisão bibliográfica - Interações com acadêmicos	a) identificar os conhecimentos prescritivos e descritivos relacionados à cadeia de valor b) caracterizar a I4.0, suas tecnologias e benefícios c) definir elementos da cadeia de valor que podem capturar os impactos da I4.0
	- Consulta a especialistas - Estudo de caso	d) desenvolver o <i>framework</i> a partir da consulta a especialistas e de um estudo de caso na cadeia de valor
Avaliação	- Grupo Focal	e) avaliar o <i>framework</i> em um grupo focal

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, cada uma das etapas é explicada.

3.2.1 Criação do Artefato

O artefato foi criado e desenvolvido de forma gradativa ao longo da condução da pesquisa. Inicialmente a pesquisadora havia planejado criar o *framework* por meio da revisão bibliográfica e avaliá-lo com especialistas e por meio da avaliação observacional utilizando um estudo de caso. Contudo, quando da consulta aos especialistas, ficou evidente que a criação seria mais robusta se tanto a opinião dos *experts* quanto o estudo de caso fossem utilizados com a finalidade de criação e não de avaliação do artefato. Além disso, durante a execução da pesquisa, as interações com acadêmicos emergiram como outra etapa de criação. Assim, quatro procedimentos, explicados a seguir, geraram as diferentes versões evolutivas do *framework*.

3.2.1.1 Revisão da Literatura

A primeira versão, chamada F0, foi embasada no conhecimento descritivo e prescritivo acessado na revisão da literatura sobre cadeia de valor e I4.0.

A revisão sobre cadeias de valor fala dos processos de valor e do construto como base do processo de criação de valor. A primeira se dedicou a compreender o que é valor e as relações entre proposição, criação e captura de valor. A segunda trata da evolução do conceito, trazendo sua evolução e as diferentes perspectivas com o qual foi utilizado. Para tanto, pesquisas com as

expressões ‘*value chain*’ ‘*value chain analysis*’ e ‘*value network*’ foram realizadas no *Google Scholar*, e os artigos mais relevantes foram lidos. Adicionalmente, utilizou-se a revisão ‘para frente’ – na qual foram analisados os artigos que citaram os trabalhos relevantes – e ‘para trás’ – incluindo as referências citadas nos textos. As fontes foram principalmente artigos científicos de periódicos de alto impacto tais como: *Strategic Management Journal*, *Industrial and Corporate Change*, *Harvard Business Review* e *Research Policy*. Os estudos mais influentes sobre cadeia de valor forneceram subsídios para a definição dos **elementos** que compõem o *framework*. A versão F0 do *framework* foi a apresentada na qualificação do projeto desta tese.

3.2.1.2 Interação com Acadêmicos

A partir das recomendações dos professores na banca de qualificação do projeto de tese e das discussões realizadas com acadêmicos no doutorado sanduíche, foi desenvolvida a versão F1 do artefato.

A banca de qualificação foi realizada em julho de 2018. Todas as observações dos professores foram anotadas para posteriormente serem trabalhadas. Apesar de não terem sido levantados muitos questionamentos a respeito do F0, as colocações alertaram a necessidade de detalhar um pouco mais o artefato antes da realização da avaliação por especialistas.

Em agosto de 2018 iniciou-se o período de doutorado sanduíche, na cadeira de Estratégia, Inovação e Cooperação (EIC) da Universidade Técnica de Kaiserslautern, na Alemanha, sob orientação do Professor Gordon Müller-Seitz. Em setembro a pesquisadora participou de um colóquio realizado com o professor e os doutorandos da cadeira, no qual apresentou sua pesquisa. Este evento forneceu ideias para a melhoria do *framework*.

Com base nessas interações, a pesquisadora buscou na literatura sobre a I4.0 os constituintes, componentes ou aspectos fundamentais foram identificados e relacionados com os elementos da cadeia de valor. A partir dessa análise foram definidos **atributos** para cada elemento, aumentando o detalhamento do artefato. Nesta revisão foram considerados artigos científicos, publicações oficiais e livros sobre I4.0. Optou-se por buscar informações a

respeito das transformações dos sistemas produtivos, sem restringir a busca pelo termo 'Indústria 4.0', visando compreender o tema independente da expressão utilizada pelos autores. Nesse sentido, foram considerados textos que falam em 'transformação digital', 'produtos inteligentes', 'fábricas inteligentes', entre outros. A versão F1 foi a base para a consulta feita a especialistas.

3.2.1.3 Consulta a Especialistas

A consulta a especialistas teve como objetivo expor a proposta do *framework* a críticas de profissionais com conhecimento sobre I4.0. As seções seguintes apresentam como os dados foram coletados e analisados.

3.2.1.3.1 Coleta de Dados

Tanto o conteúdo, quanto a relevância do artefato foram o foco da consulta. Para tanto, a pesquisadora realizou entrevistas – cujo protocolo encontra-se no Apêndice A – e um colóquio de pesquisa.

Optou-se por realizar esta etapa na Alemanha, durante o período de doutorado sanduíche da pesquisadora. Essa escolha se justifica pelo fato de o termo I4.0 ter surgido na Alemanha e pelo país ser reconhecido como uma das nações líderes do desenvolvimento do paradigma. (LORENZ *et al.*, 2016).

Os especialistas foram selecionados pela pesquisadora com base nos estudos e iniciativas acessados sobre I4.0. Buscou-se os autores das publicações mais citadas, bem como líderes de projetos sobre o tema em Universidades e Institutos de Pesquisa. A pesquisadora elaborou uma primeira lista, que foi submetida à avaliação de um doutorando e do professor da equipe da EIC. Eles concordaram com os profissionais indicados e sugeriram outros nomes. Mais de 15 especialistas foram contatados, dos quais 9 concordaram em participar do estudo – oito doutores e um mestre. A Tabela 8 apresenta os especialistas que foram consultados.

Tabela 8 - Especialistas consultados

Especialista	Perfil	Forma da Consulta
Dra. Svenja Falk	Líder do grupo de trabalho sobre modelos de negócio da Plattform Industrie 4.0, Diretora da Accenture Pesquisa Alemanha e Professora honorária na Universidade Justus Liebig. Ela projeta e executa estratégias globais e programas de pesquisa em áreas como futuro do trabalho, transformação digital e gestão pública.	Entrevista por teleconferência (Skype)
Dr. Boris Otto	Professor titular da Cadeira de Gestão de Informação Industrial na Universidade Técnica de Dortmund e Diretor do Instituto Fraunhofer para tecnologia de software e sistemas. Tópicos de pesquisa: gerenciamento de dados corporativos, ecossistemas de dados industriais, a empresa digital com foco especial em redes de logística, bem como redes de negócios e engenharia de negócios. Dr. Otto publicou diversos artigos relacionados à Indústria 4.0.	Entrevista por teleconferência (Skype)
Dr. Detlef Zühlke	Fundador e CEO da SmartFactory KL durante mais de 10 anos. Foi professor da Universidade Técnica de Kaiserslautern, titular da cadeira de Automação da Produção. O principal tópico de pesquisa do Dr. Zühlke é a transferência da "Internet das Coisas" para o ambiente fabril do futuro.	Entrevista pessoal
Dr. Dirk Werth	Diretor do Instituto August Wilhelm Scheer (AWS) de Produtos e Processos digitais, tendo sido também Conselheiro Principal e Diretor Científico do Instituto. Dr. Werth trabalhou por mais de 10 anos no Centro Alemão de Pesquisa em Inteligência Artificial (DFKI), assumindo vários cargos de liderança. Dirigiu e projetou inúmeros projetos nacionais e internacionais de pesquisa e consultoria. Publicou vários artigos internacionais sobre digitalização e processos.	Entrevista pessoal
Dr. Heiner Lasi	Diretor do Instituto Ferdinand Steinbeis e professor de Inteligência Industrial na Universidade Steinbeis Berlin. Presidente do conselho do Instituto que abriga a equipe regional alemã do Industrial Internet Consortium (IIC). Publicou diversos artigos sobre digitalização e Indústria 4.0.	Apresentação da Pesquisa em Colóquio
Dra. Marlene Gottwald	Pesquisadora Senior do Instituto Ferdinand Steinbeis. Dr. Gottwald é a responsável da equipe regional alemã para o Industrial Internet Consortium (IIC) e gerente de projetos da Steinbeis GmbH & Co. KG para transferência de tecnologia.	Apresentação da Pesquisa em Colóquio
Dr. Norbert Höptner	Pesquisador do Instituto Ferdinand Steinbeis. Dr. Höptner tem mais de 30 anos de experiência como professor e pesquisador de tecnologia, tendo trabalhado em diversas universidades alemãs e no Ministério da Economia do Estado de Baden-Württemberg.	Apresentação da Pesquisa em Colóquio
Pesquisador	Pesquisador Senior do Instituto Ferdinand Steinbeis na área de Inovação	Apresentação da Pesquisa em Colóquio
M.Sc. Christoph Pierenkemper	Coordenador do projeto de pesquisa sobre Indústria 4.0 do Instituto Heinz Nixdorf Institute da Universidade Paderborn. O Sr. Pierenkemper é orientando do Dr. Jürgen Gausemeier, que tem diversos artigos publicados sobre a Indústria 4.0.	E-mail

Fonte: Elaborada pela autora.

A Dra. Falk e o Dr. Otto foram entrevistados por videoconferência (Skype). O Dr. Zühlke e o Dr. Werth foram entrevistados pessoalmente. O primeiro na cidade de Kaiserslautern e o segundo em Saarbrücken. As entrevistas foram gravadas (em áudio) e posteriormente transcritas.

O Dr. Lasi, a Dra. Gottwald, o Dr. Höptner e outro pesquisador doutor (que não quis ter seu nome citado), fizeram suas contribuições ao *framework* em um colóquio organizado exclusivamente para a esse fim, no Instituto Ferdinand Steinbeis, em Stuttgart. O Instituto Ferdinand Steinbeis é um instituto de pesquisa focado nos temas: I4.0; digitalização e sociedade; inovação, entre outros. Seu diretor, Dr. Heiner Lasi, escreveu um dos textos mais citados sobre

I4.0, intitulado 'Industry 4.0' (ver Lasi et al., 2014). No colóquio – que durou cerca de uma hora e 30 minutos – a pesquisadora optou por não utilizar o roteiro de entrevistas, pois entendeu que contribuições seriam mais ricas a partir do debate aberto, característico desse tipo de evento. O colóquio foi gravado (em áudio) e, posteriormente transcrito.

Finalmente, o último especialista da tabela, Msc. Pierenkemper não quis dar entrevista, mas enviou suas respostas por *e-mail*⁵⁰. Ele foi indicado pelo Dr. Jürgen Gausemeier, vice-presidente da Acatech e pesquisador reconhecido na Alemanha pelas suas contribuições à digitalização das organizações.

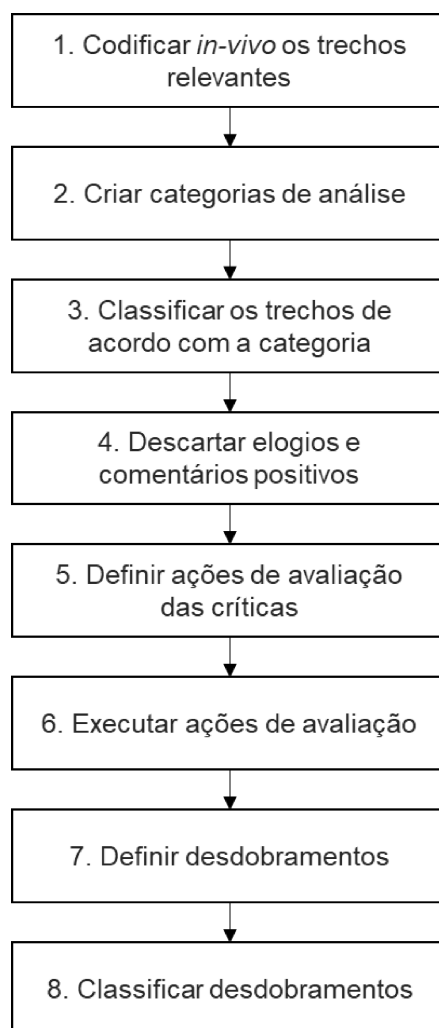
3.2.1.3.1 Análise de Dados

Inicialmente a pesquisadora pretendia agrupar as respostas dadas a cada questão do protocolo (Apêndice A) para então analisar a crítica. Contudo, a sumarização das respostas dadas revelou que uma análise feita nessa base seria limitada. Isto porque, por um lado, nem sempre os especialistas responderam diretamente ao que havia sido questionado. Por outro, respostas a um questionamento aparecem em momentos diferentes da entrevista. Além disso, no colóquio não foi utilizado o roteiro de entrevistas e muitos comentários e sugestões foram além do escopo das questões.

Decidiu-se, então, seguir a técnica de microanálise, explicada em Strauss e Corbin (2008), na qual se trabalha com segmentos de materiais (sentenças, palavras, frases, parágrafos) para se descobrir categorias de análise. Na leitura do texto de cada entrevista, foram destacados os pontos relevantes levantados pelos especialistas, sem restringi-los à questão que estava sendo respondida, para, então, classificá-los de acordo com os temas tratados. O método de análise desenvolvido pela pesquisadora consiste das oito etapas mostradas na Figura 11.

⁵⁰ Mesmo ciente das limitações da coleta de dados por *e-mail*, a pesquisadora optou por analisar as críticas feitas pelo especialista.

Figura 11 - Método de análise das percepções dos especialistas



Fonte: Elaborada pela autora.

A primeira etapa consistiu na leitura de todos os documentos gerados a partir das avaliações e marcação dos trechos que indicavam críticas, questionamentos, exemplos e aspectos positivos a respeito do artefato ou da pesquisa como um todo, utilizando a codificação *in vivo*. Na etapa seguinte, através da leitura e comparação dos trechos marcados foram criadas categorias de análise. Então, na terceira etapa, cada trecho foi classificado em uma categoria. Na quarta etapa os elogios e pontos positivos foram descartados, pois eles apenas confirmaram a adequação dos elementos existentes, não fornecendo subsídios para a evolução do artefato. Não obstante, é importante ressaltar, que esses trechos ajudaram na argumentação da justificativa desta pesquisa. Na quinta etapa foram definidas ações de avaliação de cada crítica. Entende-se que essa avaliação é necessária porque

as críticas dos especialistas não devem ser automaticamente consideradas procedentes. Assim, na sexta etapa a pesquisadora avaliou cada uma das críticas levantadas, buscando na literatura ou mesmo na proposta da pesquisa, razões para aceitá-las ou rejeitá-las. A partir dessa análise, na sétima etapa, foram definidos desdobramentos, que consistem em tarefas que objetivam sanar o problema identificado. Finalmente, na etapa oito os desdobramentos foram classificados. Esta classificação auxiliou na compreensão dos aspectos que estavam mais frágeis na pesquisa.

Essa abordagem foi considerada adequada, pois possibilitou uma análise detalhada dos resultados da consulta, permitindo a definição de ações em relação ao artefato e ao trabalho como um todo. Apesar de apresentadas em sequência, as etapas do processo foram iterativas. Sendo assim, muitas vezes foi necessário retroceder e rever decisões tomadas. Essa é uma característica da abordagem qualitativa. (STRAUSS; CORBIN, 2008).

Como resultado dessa análise foram feitos esclarecimentos ao longo do trabalho, modificações nos procedimentos de e alterações no artefato, resultando na sua terceira versão, F2, que foi a utilizada para a condução do estudo de caso.

3.2.1.4 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado com o objetivo de verificar a adequação e a suficiência do artefato para descrever os impactos da I4.0 na cadeia de valor. Voss *et al.* (2002) afirmam que o estudo de caso proporciona uma quantidade significativa de dados primários que podem ser relevantes para a verificação dos construtos e seus relacionamentos.

3.2.1.4.1 Seleção do Caso

A escolha da cadeia foi embasada na literatura sobre método, em publicações sobre I4.0 e transformação digital e em entrevistas exploratórias. Na literatura sobre método, Eisenhardt (1989) coloca que seleção da 'amostra' a ser analisada deve ser teórica e não estatística, de maneira que o caso possa trazer os elementos necessários para o desenvolvimento do estudo. Nesse

sentido, em momento algum buscou-se uma cadeia que fosse quantitativamente representativa, o foco foi o quanto a cadeia poderia informar a respeito do problema de pesquisa.

Miles *et al.* (2014) concordam com essa visão e sugerem questionar: (1) se a amostragem é relevante para as questões de pesquisa, (2) se os fenômenos aparecerão, ou, em princípio podem aparecer, (3) se a amostragem é adequada à generalização conceitual ou por representatividade, (4) se descrições e explicações confiáveis podem ser produzidas, (5) se o estudo é viável em termos de tempo, dinheiro, acesso a pessoas e (6) se plano de amostragem é ético.

Com base no questionamentos sugeridos por Miles *et al.* (2014) entendeu-se ser necessário avaliar os casos apresentados em publicações – acadêmicas e profissionais – para compreender que cadeias tinham o potencial para serem estudadas. É importante ressaltar que para o estudo de caso o critério principal de escolha da cadeia foi ela estar em processo de transformação digital e alguns impactos já poderem ser observados.

Como foi contextualizado na introdução desta tese, no processo de revisão bibliográfica não foram encontrados muitos textos que discutam com profundidade os impactos da I4.0 na cadeia de valor. Exemplos de mudanças em uma organização ou mesmo no setor são mais comuns. O artigo de Porter e Heppelmann (2014) na *Harvard Business Review* é uma das poucas exceções. Os autores salientam a mudança do cenário competitivo decorrente do produto ‘inteligente’ e ‘conectado’, e mostram a transformação para além das fronteiras da indústria. Um dos exemplos analisados é o caso de fabricantes de máquinas agrícolas. Os autores colocam que:

[...] os limites da indústria estão expandindo ainda além dos sistemas de produtos para sistemas de sistemas – ou seja, um conjunto de sistemas de produtos díspares, bem como informações externas relacionadas que podem ser coordenadas e otimizadas [...]. A John Deere e a AGCO, por exemplo, estão começando a conectar não apenas máquinas agrícolas, mas sistemas de irrigação e fontes de solo e nutrientes com informações sobre clima, preços de safras e futuros de *commodities* para otimizar o desempenho geral da fazenda (p.13)⁵¹.

⁵¹ Tradução livre da autora. “[...] *industry boundaries are expanding even beyond product systems to systems of systems—that is, a set of disparate product systems as well as related*

A utilização de um exemplo de uma cadeia que em um estudo recente da Mckinsey apareceu como mais atrasada em relação ao uso de tecnologias digitais (PRASHANT; SOMESH; SREE, 2016), chamou a atenção da pesquisadora, que buscou mais informações sobre o tema. Entre os estudos acessados, o artigo ‘Transformação Digital da Agricultura’⁵² (THUL; ALTHERR, 2018) foi de significativa relevância. Nele os autores apresentam uma análise sobre a transformação digital da agricultura, mostrando que os sistemas de criação de valor estão se tornando cada vez mais complexos, envolvendo um número crescente de atores que trabalham de forma interdependente. Thul e Altherr (2018, p.231) afirmam que:

A digitalização na agricultura já avançou em comparação com outros ramos. Existem, comparativamente, diversas experiências com a introdução e uso de soluções de digitalização, a partir das quais é possível obter conhecimentos que também são de grande relevância para estratégias de digitalização em outros setores.⁵³

Outros estudos falam das mudanças nos produtos e serviços dessa cadeia em razão das tecnologias da I4.0. (JERRATSCH *et al.*, 2018; PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2019b; STARA, 2017). Apesar de não falarem diretamente das mudanças causadas pelas tecnologias digitais na cadeia de valor da agricultura, essas publicações fornecem informações que ratificam a transformação em curso na atividade agrícola. Além disso, os impactos da digitalização nessa cadeia são comparativamente bem documentados em relatórios oficiais (por exemplo, EMBRAPA, 2014; CEMA, 2016), artigos de revistas (por exemplo, King, 2017; Perlman, [s.d.]; Vooren, 2019) e em estudos acadêmicos (por exemplo, Lokers *et al.*, 2016; O’Grady; O’Hare, 2017; Pivoto *et al.*, 2018; Wolfert *et al.*, 2017).

Assim, a pesquisadora entendeu que a cadeia de valor da agricultura poderia fornecer *insights* importantes para determinar que aspectos devem ser

external information that can be coordinated and optimized, such as a smart building, a smart home, or a smart city. John Deere and AGCO, for example, are beginning to connect not only farm machinery but irrigation systems and soil and nutrient sources with information on weather, crop prices, and commodity futures to optimize overall farm performance”.

⁵² Tradução livre da autora. “Digitale Transformation in der Landwirtschaft”.

⁵³ Tradução livre da autora. „Die Digitalisierung in der Landwirtschaft ist im Vergleich zu anderen Branchen schon weit vorangeschritten. Es liegen vergleichsweise vielfältige Erfahrungen mit der Einführung und Nutzung von Digitalisierungslösungen vor, aus denen sich Erkenntnisse ableiten lassen, die auch für Digitalisierungsstrategien in anderen Branchen große Relevanz besitzen.“.

analisados no artefato, contribuindo para o seu desenvolvimento. Quanto à viabilidade de se estudar o caso foram analisadas a acessibilidade e a existência de dados públicos sobre a cadeia. O fato de o Brasil ser uma nação relevante para a agricultura no mundo foi um fator que influenciou na escolha. Isto porque os principais *players* mundiais possuem unidades no país, o que facilitou a realização do estudo. Com relação a dados públicos, em razão da relevância do tema, o campo é repleto de publicações e pesquisas nacionais e internacionais que foram úteis para a triangulação dos dados.

Optou-se por avaliar uma única cadeia de valor para que se pudesse analisar com profundidade o fenômeno no seu contexto. O estudo em diversas cadeias poderia trazer mais robustez às conclusões, mas em razão de restrições de tempo e de recursos não seria possível abordá-los da forma adequada. Além disso, entende-se que num nível mais alto de abstração todas as cadeias possuem elementos semelhantes, assim, o estudo de um único caso fornece informações importantes para o desenvolvimento do artefato.

3.2.1.4.2 Definição do Escopo do Estudo

Escolhida a cadeia na qual o estudo seria realizado, partiu-se para a definição do escopo. A cadeia de valor da agricultura envolve desde os fornecedores de insumos e equipamentos até os consumidores finais do produto industrializado. Humphrey e Memedovic (2006) representam a cadeia de valor do agronegócio no diagrama ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Diagrama simplificado da cadeia de valor do agronegócio⁵⁴

Fonte: Humphrey e Memedovic (2006, p. 31)

A cadeia ilustrada tem quatro estágios: insumos, produção, processamento e entrega aos consumidores. Apesar de ser uma cadeia simplificada, os autores ignoraram dois importantes atores: as companhias de equipamentos agrícolas e o consumidor, ambos considerados na visão de cadeia de Pham e Stack (2018). Percebe-se, portanto, que a cadeia de valor da agricultura envolve empresas de diversas indústrias (química, de máquinas, de alimentos e até de serviços). Como a cadeia foi simplificada ainda ficaram de fora outros atores, tais como *traders*, operadores logísticos e bancos. Com essa variedade e quantidade de atores envolvidos torna-se impossível estudar os impactos em toda a cadeia de valor nesta pesquisa. Nesse sentido, seguindo a recomendação de Miles *et al.* (2004), buscou-se selecionar uma parte da cadeia em que o estudo fosse factível – em termos de tempo, recursos e acesso – e na qual o fenômeno em estudo pudesse aparecer.

Para conhecer melhor a cadeia em questão a pesquisadora realizou três entrevistas exploratórias durante seu estágio doutoral na Alemanha. A primeira

⁵⁴ O termo agronegócio (do inglês *agribusiness*) significa “[...] um conjunto de ações ou transações comerciais (produção, industrialização e comercialização), ou seja, negócios relacionados à agricultura e à pecuária”. (SAUER, 2008, p.14). Apesar de este trabalho ser focado na cadeia de valor da agricultura, a ilustração de Humphrey e Memedovic (2006) é aplicável.

foi com Dr. Martin Thul, um dos autores do artigo já mencionado 'Transformação Digital da Agricultura'. Na entrevista ficou evidente o quanto as tecnologias digitais já estão impactando cadeia de valor da agricultura. O entrevistado sugeriu que o estudo fosse realizado da fazenda para trás, pois na sua visão as tecnologias digitais já estão mudando os produtos, processos e os negócios dos elos dessa parte da cadeia. Comentou que também estão surgindo novas empresas com soluções tecnológicas que alteram o conteúdo das atividades tradicionais. Além disso, o Dr. Thul lembrou que a cadeia de valor da agricultura da fazenda para frente apresenta muitas variações em razão do produto e sua destinação (por exemplo o algodão é destinado à indústria têxtil, enquanto a soja vai para a de alimentos, biodiesel, entre outros), o que poderia dificultar o estudo.

Com base nessa entrevista, e na afirmação de Pham e Stack (2018) de que os impactos decorrentes do uso de tecnologias digitais na cadeia da agricultura são mais perceptíveis à montante da fazenda, a pesquisadora definiu que o estudo seria feito do estágio de produção agrícola para trás. Dois pontos influenciaram a decisão. O primeiro foi a constatação de que seria possível observar os impactos da I4.0 nessa parte da cadeia. O segundo, foi tentar, na medida do possível, escolher uma parte na cadeia na qual os impactos fossem menos dependentes do tipo de produto. Como a variação da fazenda para frente é muito grande, um estudo nessa parte seria mais complexo e poderia conter peculiaridades, o que dificultaria a abstração dos impactos para um nível mais elevado de análise.

Definida a parte da cadeia foco do estudo, partiu-se para a definição dos elos e das atividades a serem envolvidas em cada elo. As outras duas entrevistas exploratórias foram conduzidas com esse objetivo. As empresas foram sugeridas pelo Dr. Thul: BASF, produtora de insumos agrícolas, e Deere & Company, produtora de máquinas e equipamentos.

Na BASF a pesquisadora entrevistou o Gestor de Marketing e Líder de Transformação Digital da companhia em Ludwigshafen/Alemanha. O profissional ressaltou que as relações de concorrência e colaboração estão se modificando e que os produtores de insumos químicos, em particular defensivos agrícolas, estão sendo ameaçados por tecnologias desenvolvidas em outros elos tradicionais da cadeia – como produtores de máquinas

agrícolas, ou mesmo por novos entrantes, as chamadas *agtechs*⁵⁵. O entrevistado ressaltou o desenvolvimento de novas soluções e suas implicações para a cadeia.

Essa entrevista ratificou a relevância de analisar diversos elos da cadeia para que se entendam os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura. Nesse sentido, a pesquisadora considerou os principais fornecedores de soluções para o produtor agrícola: fabricante de máquinas e equipamentos, fabricante de defensivos e sementes e o fabricante de fertilizantes. Adicionalmente, foram incluídas no escopo do estudo de caso as *agtechs startups* que fornecem soluções para o produtor agrícola, que têm oferecido soluções disruptivas, podendo impactar a forma como a cadeia se organiza. (DIAS; JARDIM; SAKUDA, 2019).

Na Deere & Company foram entrevistados o Gerente de Manufatura Avançada e o Líder de Automação da Manufatura, profissionais ligados ao Centro Europeu de Inovação Tecnológica John Deere e alocados na fábrica de Mannheim/Alemanha. A conversa mostrou que na manufatura da empresa as novas tecnologias da I4.0 são implementadas com o objetivo de proporcionar um produto de qualidade cada vez maior, de forma mais rápida, utilizando menos recursos. Sob a perspectiva da gestão da manufatura, o enfoque no desempenho faz sentido, pois fábricas têm métricas claras e condições operacionais que exigem uma abordagem pragmática e economicamente justificável para o uso de novas tecnologias. Observou-se o enfoque na melhoria das operações, destacado na fundamentação teórica deste trabalho.

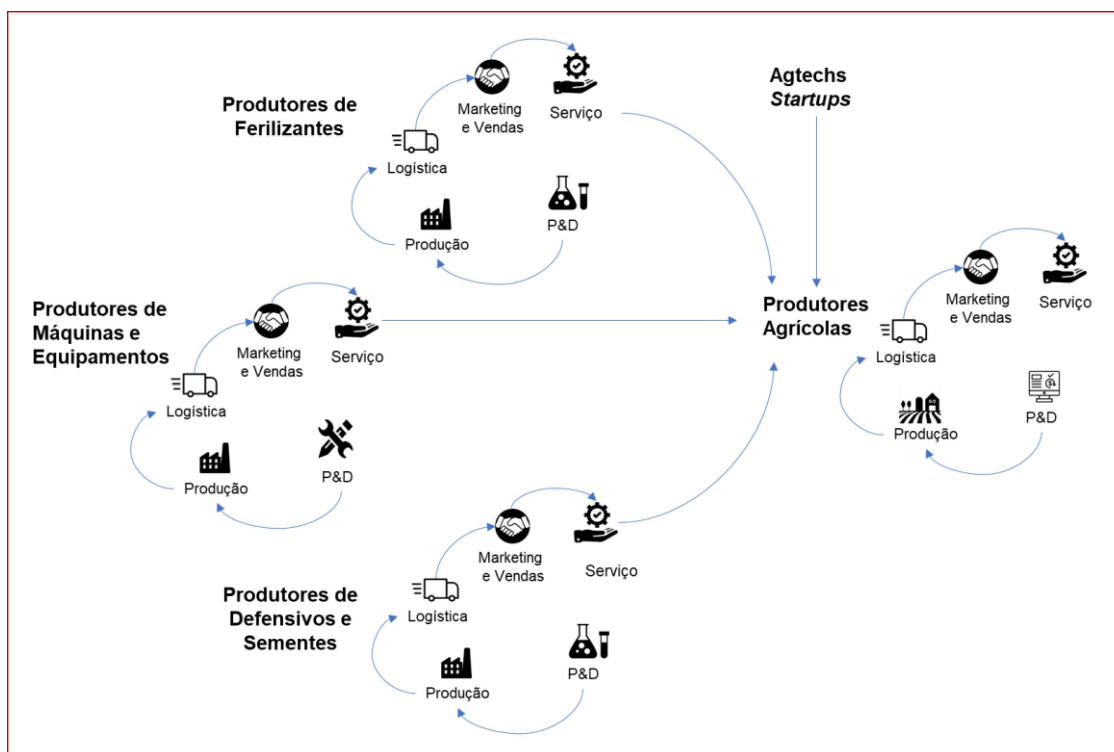
Essa entrevista confirmou o que foi visto na literatura, mostrando que a visão de apenas uma atividade, neste caso a manufatura, é insuficiente para se compreender os impactos da I4.0. Outras atividades também são relevantes para o objetivo do estudo. De fato, Porter e Heppelmann (2015) explicam como o produto inteligente e conectado mudará as organizações, analisando cinco atividades que serão impactadas: P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços. Nesse sentido, decidiu-se investigar as mudanças que as tecnologias digitais geraram nessas atividades nas empresas representantes de cada elo da

⁵⁵ O termo surgiu para designar a aplicação de novas tecnologias no setor agrícola. O conceito envolve várias tecnologias relacionadas à I4.0, tais como: *big data analytics*, *clouds*, internet das coisas, drones, robotização. (KOBAYASHI-SOLOMON, 2018; WALTZ, 2017).

cadeia selecionado. Contudo, nas *agtechs*, optou-se por ser obter apenas uma visão geral do negócio, pois como são empresas entrantes, não faz sentido analisar impactos.

A partir da literatura e das três entrevistas exploratórias foi definido o foco do estudo de caso, ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - Foco do estudo de caso



Fonte: Elaborada pela autora.

Em razão das limitações de recursos, foi selecionada uma empresa de cada um dos elos definidos como escopo, mais uma *agtech*. A escolha das companhias foi guiada por dois critérios, a saber: a possibilidade de os impactos da I4.0 serem observados e a acessibilidade. As cinco participantes do estudo são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Empresas participantes do estudo de caso

Função	Empresa	Caracterização
Produtor Agrícola	SLC Agrícola S.A.	Uma das maiores produtoras mundiais de grãos e fibras, focada na produção de algodão, soja e milho. Fundada no estado do Rio Grande do Sul em 1977, hoje a empresa opera 16 fazendas em seis estados brasileiros, totalizando mais de 450 mil hectares plantados. A sede da empresa é localizada em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
Produtor de Máquinas e Equipamentos	Deere & Company S.A.	Empresa americana que fabrica máquinas agrícolas, de construção e florestais da marca John Deere. No ramo de máquinas agrícolas é uma das principais <i>players</i> mundiais. A sede da empresa é em Moline, Illinois, EUA. A sede da América Latina está na cidade de Indaiatuba, São Paulo.
Produtor de Defensivos e Sementes	Bayer S.A.	Empresa alemã, com mais de 150 anos que atua nas áreas de saúde e agricultura. A Bayer Crop Science é a divisão responsável pela fabricação de sementes, defensivos agrícolas e pelas soluções de agricultura digital. A sede da divisão no Brasil é na cidade de São Paulo, estado de São Paulo.
Produtor de Fertilizantes	Yara	Empresa norueguesa produtora de fertilizantes. Fundada em 1905 como Norsk Hydro, se fundiu com a Yara International ASA em 25 de março de 2004. No Brasil, a sede da empresa é na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
Agtech	Arpac	Empresa brasileira que presta serviços aéreos agrícolas com drones. Seu foco é pulverização de defensivos químicos, biológicos e serviços de imagem. Fundada em 2016, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, a startup já captou mais de 2 milhões em aportes.

Fonte: Elaborada pela autora.

A SLC Agrícola, a Deere & Company⁵⁶, a Bayer e a Yara são empresas tradicionais da cadeia de valor da agricultura que apresentam iniciativas relacionadas à I4.0, já tendo implementado tecnologias digitais tais como CC, BDA, AI, entre outras. Já a Arpac é uma nova entrante nessa cadeia, que nasceu no paradigma digital, utilizando diversas tecnologias para a prestação dos serviços.

3.2.1.4.3 Coleta de Dados

Foi desenvolvido um protocolo de entrevista com questões abertas sobre o processo de criação de valor. A pesquisadora utilizou a literatura para criar as questões, mas entendeu inicialmente que seria melhor não utilizar o *framework*, visando não direcionar as respostas para os elementos já identificados. Esse protocolo foi enviado para quatro profissionais para avaliação da adequação ao

⁵⁶ A partir dessa seção a Deere & Company será referida pela sua marca, John Deere.

propósito da pesquisa e da clareza das questões para o público alvo. Os profissionais que avaliaram o instrumento de coleta estão listados na Tabela 10 - Profissionais que avaliaram o protocolo de entrevistas.

Tabela 10 - Profissionais que avaliaram o protocolo de entrevistas

Profissional	Perfil
Profissional 1	Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale dos Sinos - UNISINOS (2018). Atua como pesquisador do Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem - GMAP UNISINOS. Professor do Curso de Engenharia de Produção (UNISINOS). Tem como foco de pesquisa os temas: Engenharia de Processos de Negócio, Mapeamento do Fluxo de Valor, Gestão dos Postos de Trabalho e Layout e Manufatura Aditiva e Indústria 4.0.
Profissional 2	PhD em Agricultural and Food Economics pela University of Reading, Reino Unido (2004). Pesquisadora e Professora do Departamento de Administração da Produção e Operações Industriais (POI) da FGV-EAESP atuando no Mestrado e Doutorado <i>stricto sensu</i> e no Mestrado Profissional em Supply Chain. Tem como foco de pesquisa os temas: cadeias globais de valor, relacionamentos entre compradores e fornecedores e internacionalização de empresas, principalmente no setor agro-industrial.
Profissional 3	Administrador, Gestor de TI na AGCO, empresa fabricante de equipamentos agrícolas. Profissional com experiência em tecnologias da informação para a manufatura, com grande conhecimento sobre a Indústria 4.0.
Profissional 4	Engenheiro Mecânico, com especialização em Gestão Empresarial. Atua há 20 anos como consultor em gestão industrial no agronegócio. Atuou por cerca de 30 anos como diretor em empresas produtoras de máquinas agrícolas.

Fonte: Elaborada pela autora.

Dois avaliadores são acadêmicos, o primeiro com experiência em pesquisa nas tecnologias da I4.0, e o segundo com experiência em pesquisa em cadeias. Os outros dois são profissionais de mercado, ambos com experiência nas atividades da cadeia do agronegócio, um em gestão e outro em Tecnologia da Informação (TI). De uma forma geral, estes consideraram o protocolo adequado e com a clareza necessária. Já os avaliadores acadêmicos levantaram as seguintes questões:

- necessidade de esclarecimento sobre as tecnologias no início do protocolo;
- importância de apresentar alguns exemplos em algumas questões;
- fazer a entrevista primeiro com um profissional mais estratégico, para então definir os outros entrevistados;
- reduzir e focar um pouco mais o roteiro.

A partir dessas observações, na conversa com o segundo acadêmico, a pesquisadora entendeu que o uso do *framework* daria o foco necessário, sem restringir as respostas. Isto porque os construtos utilizados no artefato já haviam passado pela avaliação dos especialistas e confirmados como relevantes, e com perguntas abertas permite-se explorar outros aspectos que não estejam contemplados. Assim, a pesquisadora reestruturou o protocolo de entrevistas, atendendo às sugestões dos avaliadores. O protocolo está no Apêndice B deste trabalho. Esse roteiro serviu como guia, mas muitas vezes outros questionamentos foram realizados, pois como coloca Eisenhardt (1989) a iteração entre coleta e análise pode revelar questões não pensadas pelo pesquisador.

Também atendendo à sugestão dos validadores do roteiro, nas companhias alvo do estudo a pesquisadora teve uma conversa prévia com um representante estratégico, que indicou quais seriam os profissionais que deveriam ser entrevistados. Na SLC Agrícola a conversa foi com o Diretor de TI, na John Deere, com o Gerente de Fábrica; na Bayer, com o Líder da Divisão *Crop Science* no Brasil; na Yara, com o Gerente de Operações e Transformação Digital; e na Arpac, com o *CEO* da empresa. Nesse primeiro contato, a pesquisadora apresentou brevemente a pesquisa e mostrou a intenção de entrevistar profissionais relacionados às diversas atividades (P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços) e profissionais envolvidos com a estratégia de digitalização das empresas. Entretanto, em algumas empresas o representante indicou que não faria sentido considerar todas as atividades, pois elas não apresentavam mudanças significativas. Nesse sentido, indicaram as áreas mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 - Áreas de cada empresa indicadas para a pesquisa

Empresa	Áreas indicadas
SLC Agrícola	Tecnologia da Informação Agricultura Digital
John Deere	P&D Manufatura Logística Marketing e Vendas Serviços
Bayer	Presidência Novas soluções
Yara	Operações e Transformação Digital Inovação e Novos Negócios <i>Digital Farming</i>
Arpac	Presidência

Fonte: Elaborada pela autora.

Os representantes indicaram os profissionais de cada uma das áreas. Ao todo, nas empresas foram feitas 16 entrevistas, com duração de no mínimo 44 minutos e no máximo 178 minutos. As entrevistas foram gravadas e transcritas, com exceção de uma por problemas técnicos, cujo conteúdo foi registrado por notas pela pesquisadora. A Tabela 12 mostra os entrevistados na fase de coleta de dados.

Tabela 12 - Entrevistados no estudo de caso

Empresa	Cargo	Local	Duração (minutos)
SLC Agrícola	Diretor de Tecnologia da Informação	Porto Alegre	72
	Coordenador de Agricultura Digital	Porto Alegre	84
John Deere	Gerente de Fábrica	Montenegro	90
	Gerente de Marketing	Indaiatuba	94
	Gerente de Vendas	Indaiatuba	53
	Gerente de Otimização de Concessionários	Indaiatuba	56
	Gerente de Engenharia de Agricultura de Precisão	Indaiatuba	112
	Gerente de Marketing e Planejamento de Produtos Agricultura de Precisão	Indaiatuba	54
	Gerente de Suprimentos	Indaiatuba	61
	Gerente de Soluções Integradas - Concessionário	Porto Alegre	165
	Coordenador de Soluções Integradas - Concessionário	Cruz Alta	178
Analista de Suporte de Agricultura de Precisão - Concessionário			
Bayer	Líder da Divisão <i>Crop Science</i> da Bayer no Brasil	São Paulo	55
	CEO da Orbia	São Paulo	43
	Líder Comercial do Climate Fieldview	São Paulo	52
Yara	Gerente de Operações e Transformação Digital	Microsoft Teams	60
	Gerente de Inovação e Novos Negócios		
	Proprietário de Produto		
Arpac	CEO	Skype	44
		Total	1273

Fonte: Elaborada pela autora.

É importante ressaltar que todas as empresas permitiram a divulgação de seus nomes na pesquisa. Contudo, as visões e opiniões pessoais dos entrevistados **não devem ser vistas como um posicionamento corporativo das companhias**, servindo apenas como base para a compreensão do processo de transformação da cadeia de valor da agricultura sob diferentes pontos de vista.

Além dessas empresas, a pesquisadora entrevistou um especialista em agronegócios, com experiência de mais de 30 anos em consultoria para o setor no Brasil, o Sr. Carlos Cogo. A entrevista, que durou cerca de uma hora, teve o propósito de obter uma visão de um profissional independente, profundamente conhecedor da cadeia em estudo.

Seguindo as recomendações de Yin (2005), foram coletados dados de relatórios, material de divulgação dos produtos e serviços, bem como outros documentos das empresas participantes do estudo. Houve também duas visitas técnicas, uma à fábrica de tratores da John Deere em Montenegro e outra ao Centro Integrado de Agricultura da SLC, onde é feito o controle digital

de todas as 16 fazendas da empresa. Além disso, estudos científicos, reportagens e outros dados publicados sobre essas e outras empresas da cadeia de valor foram analisados.

3.2.1.4.4 Análise de Dados

A análise dos dados coletados foi feita paralelamente à coleta, seguindo as recomendações de Eisenhardt (1989) e Strauss e Corbin (2008). Os dados foram analisados por meio da análise de conteúdo. As categorias pré-definidas de análise são compostas pelas entidades do *framework*. Além disso, foram criados códigos para as tecnologias citadas pelos entrevistados. Trechos identificados como relevantes, mas que não tinham relação com os códigos pré-definidos, nem com os de tecnologia, foram codificados *in-vivo*. O *software* Atlas Ti® foi utilizado nesta etapa para organização e codificação dos documentos.

Os documentos originados das transcrições e notas de entrevistas, totalizando 402 páginas, foram carregados no sistema, lidos e codificados. A partir da triangulação dos dados, foi desenvolvida uma narrativa sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura, utilizando os elementos do artefato F2. A análise do material permitiu a identificação das necessidades de alteração do artefato, resultando numa nova versão do *framework* F3.

Os quatro procedimentos descritos nesta seção – revisão da literatura, interação com acadêmicos, consulta a especialistas e estudo de caso – foram utilizados na criação do artefato. Adicionalmente, é importante ressaltar que o processo envolveu criatividade. A pesquisadora teve várias fontes de inspiração que, apesar de não estarem destacadas como procedimentos, auxiliaram na construção do *framework*. Entre elas vale citar: seminário doutoral e apresentação de artigo relativo ao tema desta tese no EUROMA 2017; mais de dez palestras realizadas em encontros empresariais e acadêmicos no Rio Grande do Sul; e participação em mais de dez eventos (seminários, *workshops*, palestras) sobre I4.0 no Brasil e na Alemanha. Destaca-se a participação, em 2019, na Feira de Hannover, ‘berço’ da I4.0. Durante os cinco dias da feira a pesquisadora assistiu a palestras no *Forum Industrie 4.0*, no *Industry Pionners Summit*, visitou *stands* e conversou com

diversos profissionais que estão estudando, desenvolvendo e aplicando as tecnologias e conceitos da I4.0 nas organizações.

3.2.2 Avaliação do Artefato

A etapa final da pesquisa seguindo a metodologia DSR é a avaliação do artefato. Nesta tese optou-se por utilizar a análise estática, que avalia a utilidade, qualidade e eficácia do *framework* pela sua complexidade e características, não pelo seu uso. (HEVNER *et al.*, 2004).

Para tanto, a pesquisadora realizou um grupo focal com 9 profissionais. Sete deles foram convidados porque pesquisam e/ou trabalham com os temas transformação digital, conhecendo, portanto, o tema central com o qual o artefato lida. O convite aos outros dois se deu pelo fato de serem profissionais com grande vivência na cadeia de valor da agricultura, podendo discutir os resultados encontrados no uso do *framework* para o estudo de caso. A Tabela 13 mostra o perfil dos participantes.

Tabela 13 - Participantes do grupo focal

Participantes	Perfil
Profissional 1	Doutor em Engenharia de Produção com ênfase em Gestão da Inovação pela UFRJ. Atua em atividades de consultoria empresarial e atividades de ensino.
Profissional 2	Doutor em Engenharia de Produção pela UFRGS. Executivo Regional da ABINEE no RS. Professor e Pesquisador do Mestrado Profissional em Gestão e Negócios, e Coordenador do MBA em <i>Business Process Management</i> e do MBA em Gestão de Negócios e Tecnologia da Informação na Unisinos.
Profissional 3	Doutora em Política Científica e Tecnológica pelo DPCT/UNICAMP. Professora Titular do Programa de Pós-Graduação em Economia da Unisinos. Lidera o Grupo de Pesquisa em Dinâmica Econômica da Inovação.
Profissional 4	Doutor em Economia da Indústria e da Tecnologia pela UFRJ, Professor aposentado da UFRGS. Pesquisador na área de Economia, com ênfase em Organização Industrial e Estudos Industriais, atuando principalmente nos seguintes temas: competitividade, inovação, organização industrial.
Profissional 5	Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Unisinos. Sócio-Consultor nas áreas de Gestão de Operações, Logística, Supply Chain, Engenharia e Custos. Professor nas áreas de Logística e Gestão da Produção Industrial em cursos de graduação e especialização da Universidade Feevale.
Profissional 6	Mestre em Administração pela Unisinos. Professor de Gestão de Operações nos cursos de graduação e MBAs da Unisinos. Consultor nas áreas de planejamento de indústrias e empresas de serviços, implantação de sistemas e ferramentas de gestão da produção, plano de negócios e formação de líderes.
Profissional 7	Mestre em Engenharia de Produção pela Unisinos. Profissional de TI, sócio consultor da e-Fact Software, uma empresa dedicada à coleta de dados de manufatura.
Profissional 8	Consultor Senior da Prodttare. Atua na Indústria de máquinas agrícolas há mais de 30 anos.
Profissional 9	Gerente de TI da AGCO, responsável pelo <i>roadmap</i> tecnológico de TI para manufatura e engenharia. Atua há 32 anos na Indústria de transformação.

Fonte: Elaborada pela autora.

O evento durou cerca de duas horas. O *framework* foi apresentado pela pesquisadora e os profissionais fizeram suas críticas. A seção foi filmada. O vídeo foi carregado no *software* Atlas Ti®, e codificado *in vivo*. As observações foram analisadas e geraram necessidades de alteração do *framework*, resultando na sua versão final, F4.

O capítulo do Método procurou explicar como a pesquisadora buscou garantir os critérios de validade do construto, validade externa e confiabilidade explicados por Yin (2005). Para satisfazer a validade do construto, o *framework* foi criado em uma série de etapas que envolveram conhecimento descritivo e

prescritivo prévio, opinião de especialistas e dados empíricos de uma cadeia de valor que está passando pela transformação digital. Visando assegurar a confiabilidade, os procedimentos da investigação foram detalhadamente explicados e as decisões da pesquisadora registradas, facilitando a rastreabilidade do processo de pesquisa. A validade externa foi buscada por meio da consulta aos especialistas e do estudo de caso, durante a criação do artefato, e através do grupo focal, na etapa de avaliação.

Apesar dos cuidados tomados entende-se que os resultados não estão livres de viés. Assim, as contribuições dessa investigação não devem ser compreendidas como ótimas, mas como satisfatórias. (SIMON, 1976). O *framework* deve ser visto como uma proposição que guia os usuários na discussão e aprendizado sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor. Ao mesmo tempo, pode ser considerado como uma contribuição para o campo de estudo sobre cadeias de valor, com o objetivo de análise focada na transformação.

4 PROPOSIÇÃO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Este capítulo apresenta e discute os resultados de cada estágio da DSR conduzida. A primeira parte trata da proposição inicial do artefato a partir da revisão da literatura e das interações com acadêmicos, que geraram as versões F0 e F1, respectivamente. Na segunda parte o *framework* é desenvolvido com base na análise da consulta aos especialistas e do estudo de caso da cadeia de valor da agricultura, resultando nas versões F2 e F3. Por fim, é apresentado e discutido o resultado da avaliação feita pelo grupo focal, que culminou com a proposição da última versão do artefato, o F4.

4.1 PROPOSIÇÃO DO ARTEFATO

Esta seção apresenta o artefato desenvolvido como proposta de solução ao problema identificado. A proposição se classifica como um modelo, no sentido dado por March e Smith (1995), ou seja, uma representação de como as coisas são. Em razão do formalismo e da conotação quantitativa muitas vezes dadas ao conceito de modelo (MARCH; SMITH, 1995), nesta pesquisa optou-se pelo termo *framework*.

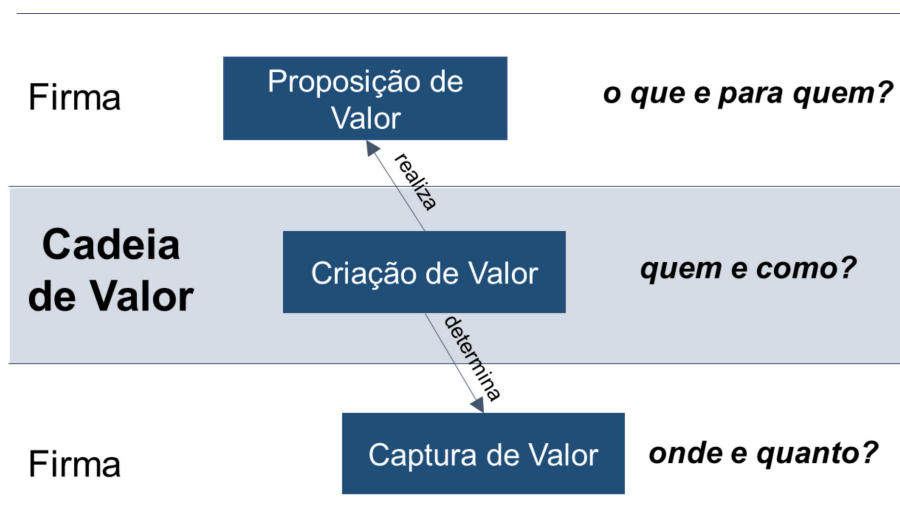
4.1.1 Conhecimentos Descritivo e Prescritivo Existentes – Versão F0

A revisão da literatura evidenciou a existência de um vasto conhecimento descritivo sobre a cadeia de valor. O conhecimento prescritivo, apesar de menos frequente, está presente. Ambos foram utilizados como base para a elaboração da primeira versão do artefato – F0.

Discutiu-se a cadeia de valor como um conjunto de processos e como uma estrutura para a criação de valor. Como processos, a cadeia de valor representa a sequência de proposição, criação e captura de valor. A proposta de valor envolve as questões ‘o que propor?’ e ‘para quem propor?’. (OSTERWALDER, 2004). Osterwalder e Pigneur (2011) explicam que a proposta de valor é definida pela firma e concretizada no processo de criação de valor. A criação de valor, por sua vez, envolve as questões ‘quem cria valor?’ e ‘como o valor é criado?’. O processo de captura de valor é

determinado pela criação de valor (BRANDENBURGER; STUART, 1996) e envolve as questões ‘onde na cadeia o valor é capturado?’ e ‘quanto?’. Assim, entende-se que a firma propõe um valor que é realizado na cadeia de valor pelo processo de criação de valor que, por sua vez, determina o processo de captura de valor pela firma. A Figura 14 mostra o relacionamento entre os processos.

Figura 14 - Relacionamento entre os processos de valor



Fonte: Elaborada pela autora.

No processo de criação de valor, que acontece na cadeia, as questões centrais são ‘quem cria valor?’ e ‘como o valor é criado?’. A partir de abordagens de diferentes autores, foram identificados quatro elementos que podem ser utilizados para responder a esses dois questionamentos.

O primeiro elemento destacado na cadeia de valor foram as *atividades*. Porter (1985) utiliza as atividades da firma para responder como o valor é criado. O autor propõe uma análise das atividades primárias e secundárias para se alcançar a competitividade. Em um texto mais recente, ao analisar as transformações no processo de criação de valor em razão das tecnologias digitais, Porter e Heppelmann (2015) ratificam o papel das atividades na cadeia de valor, enfocando P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços.

Outro elemento identificado na literatura foram os *fluxos*. Os fluxos são as transferências que acontecem na cadeia de valor. Além de fluxos tangíveis, que consistem em bens, componentes, produtos, dinheiro, vários autores destacam os fluxos intangíveis, tais como dados, informações e

conhecimento⁵⁷, buscando compreender como o valor é criado. (ALLEE, 2000; BENJAMIN; WIGAND, 1995; RAYPORT; SVIOKLA, 1995; SAWHNEY; PARIKH, 2001).

O terceiro elemento destacado nos textos sobre cadeias de valor foi *atores*. A literatura mostra que o valor é criado por um conjunto de empresas e, inclusive, com a participação dos consumidores. (CHRISTENSEN; ROSENBLOOM, 1995; KOTHANDARAMAN; WILSON, 2001; LUSCH; VARGO, 2004; PEPPARD; RYLANDER, 2006; PILLER; MOESLEIN, 2002; PRAHALAD; RAMASWAMY, 2004; STABELL; FJELDSTAD, 1998).

Por fim, os estudos sobre cadeias de valor globais trazem a *governança* como um elemento relevante no processo de criação de valor. (GEREFFI *et al.*, 2001; GEREFFI; HUMPHREY; STURGEON, 2005; HUMPHREY; SCHMITZ, 2001; PONTE; STURGEON, 2013; STURGEON; VAN BIESEBROECK; GEREFFI, 2008). Humphrey e Schmitz (2001) colocam que a governança trata do controle de cinco parâmetros básicos do processo de criação de valor, a saber: 'o que', 'como', 'quando', 'quanto' e a 'que preço' o bem ou serviço será produzido. O controle que cada empresa exerce na divisão do trabalho, influencia na respectiva captura do valor gerado. (HANNAH; EISENHARDT, 2018; JACOBIDES; KNUDSEN; AUGIER, 2006; TAE; JACOBIDES, 2012). A governança de cadeias trata do projeto e orquestração do processo de criação de valor. O projeto diz respeito à estruturação, à definição do desenho da cadeia, enquanto a orquestração trata da coordenação das suas atividades. A Tabela 14 mostra cada elemento identificado, sua definição e as fontes das quais foi derivado.

⁵⁷ Dados, informações e conhecimentos são pontos ao longo de um continuum de valor crescente e contribuição humana. Dados – os sinais sobre eventos e atividades humanas aos quais estamos expostos a cada dia – têm pouco valor em si [...]. Informação é o que os dados se tornam quando os interpretamos e os colocamos no contexto. [...]. Conhecimento é informação na mente das pessoas; sem uma pessoa consciente e autoconsciente, não há conhecimento. O conhecimento é altamente valioso, porque os humanos criam novas ideias e as aplicam diretamente ao uso da informação e à tomada de decisões". (DAVENPORT; MARCHAND, 2001, p.2). Tradução livre da autora.

Tabela 14 - Elementos da cadeia de valor identificados na literatura

Elemento	Definição do Elemento	Fontes
Atividades	Tarefas executadas para levar o produto/serviço ao cliente. Inclui P&D, Produção, Logística, Marketing e Vendas e Serviços	Porter, 1985 Porter e Heppelman, 2015
Fluxos	Transferências na cadeia de valor: físicas (como componentes, produtos, dinheiro) e não físicas (como dados, conhecimento)	Benjamin and Wigand, 1995 Rayport and Sviokla, 1995 Allee, 2000 Sawhney and Parikh, 2001
Atores	Empresas ou indivíduos que participam da criação de valor (como clientes, fornecedores, parceiros e usuários)	Christensen and Rosenbloom, 1995 Stabell e Fjeldstad, 1998 Kothandaraman and Wilson, 2001 Sawhney and Parikh, 2001 Piller e Moeslein, 2002 Lusch e Vargo, 2004 Pralhad e Ramaswamy, 2004 Peppard and Rylander, 2006
Governança	Projeto e orquestração do processo de criação de valor	Gereffi et al., 2001 Humphrey and Schmitz, 2001 Gereffi et al., 2005 Sturgeon et al., 2008 Kaplinsky e Morris, 2000

Fonte: Elaborada pela autora.

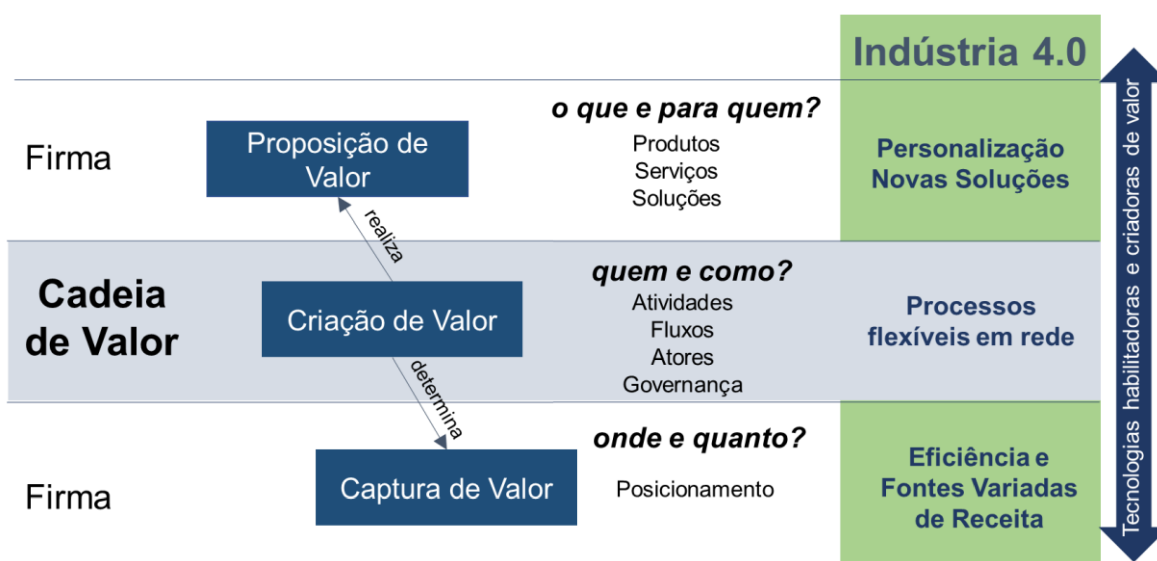
Os quatro elementos apresentados compõem a estrutura subjacente ao processo de criação de valor. Constituem diferentes 'camadas' ou dimensões de análise do mesmo objeto. Na literatura sobre I4.0 buscou-se identificar as mudanças esperadas nos processos de proposição, criação e captura de valor.

Com relação à proposição de valor, diversos autores ressaltam que o principal impacto da I4.0 é a personalização e o desenvolvimento de novos produtos e serviços. (BRETTEL *et al.*, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHNEIDER, 2018). Para que isso seja possível, um conjunto de tecnologias habilitadoras e criadoras de valor é aplicado aos processos e produtos, garantindo sistemas produtivos flexíveis e em rede. (SCHUH *et al.*, 2017; UNIDO; POLICY LINKS, 2017). Os benefícios esperados são redução de custos, maior eficiência e aumento das receitas. (BINKHUYSEN; GRAAF, 2018; DALENOGARE *et al.*, 2018; OZTEMEL; GURSEV, 2018; SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016; WANG *et al.*, 2017).

4.1.1.1 Versão F0 do Artefato

A primeira versão do artefato consiste num esboço sem detalhamento, no intuito de não o tornar muito específico e, assim, restringir seu uso. A estrutura serve de base para as investigações realizadas nas etapas subsequentes da pesquisa. A Figura 15 mostra a primeira versão do *framework* proposto neste trabalho.

Figura 15 - Versão F0 do artefato



Fonte: Elaborada pela autora.

O *framework* mostra uma relação entre os processos de valor e a I4.0. A ilustração sugere que tanto a proposição, quanto a captura são preocupações da firma, enquanto a criação se dá na cadeia, cuja estrutura é definida pelos elementos *atividades*, *fluxos*, *atores* e *governança*. Apesar de o foco do trabalho ser a criação, como os três processos guardam relações entre si, optou-se por incluí-los no artefato.

4.1.2 Interações com Acadêmicos – Versão F1

Diversas interações com acadêmicos, conforme explicado na seção 3.2.1.2 deste trabalho, levantaram questionamentos que fizeram com que a pesquisadora repensasse o *framework* antes de expô-lo à avaliação de especialistas. Como resultado dessas interações foi identificada a necessidade

de focar o processo de criação de valor, detalhando o que seria analisado em cada um dos elementos.

A fim de evitar que a estrutura ficasse grande e complexa, a pesquisadora entendeu que o detalhamento deveria ser focado no processo de criação de valor. Assim, decidiu remover do *framework* os processos de proposição de valor e captura de valor. Ao mesmo tempo, optou por remover a afirmativa de que na I4.0 os processos seriam flexíveis e em rede, pois percebeu que outras tendências deveriam ser consideradas. Foi adotada, então, uma abordagem em um nível mais abstrato, questionando como detalhar cada elemento da cadeia de valor identificado na literatura com o objetivo de captar os impactos da I4.0. Partindo dos impactos indicados no capítulo 2.32.3 A INDÚSTRIA 4.0 E A CADEIA DE VALOR, buscou-se definir o que inicialmente chamou-se de componentes de cada elemento. Os componentes são os atributos que descrevem as mudanças nos elementos.

No que tange a *atividades*, três componentes foram identificados: 'número', 'tipo' e 'local'. A partir dos textos que falam em encurtamento das cadeias de valor (GÖTZ; JANKOWSKA, 2017; SCHUH; REUTER; HAUPTVOGEL, 2015; STRANGE; ZUCHELLA, 2017) o componente 'número' foi definido. Ele visa avaliar a mudança no número de atividades desempenhadas na cadeia. Com base nos textos que falam sobre a automação e mudança no conteúdo das atividades (PORTER; HEPPELMANN, 2015; STRANGE; ZUCHELLA, 2017), criou-se o componente 'tipo', que visa analisar como a I4.0 muda a natureza das atividades desempenhadas em determinada cadeia. Por fim, componente 'local' visa analisar os impactos da I4.0 no local onde as atividades são desenvolvidas. Ele foi definido a partir dos textos que falam sobre a repatriação da manufatura (ANCARANI; DI MAURO; MASCALI, 2019; FERRANTINO; KOTEN, 2019; STRANGE; ZUCHELLA, 2017) ou da intensificação da divisão internacional do trabalho. (FERRANTINO; KOTEN, 2019; STRANGE; ZUCHELLA, 2017).

Com relação a *fluxos*, foram definidos três componentes: 'tipo', 'direção' e 'intensidade'. Embasado nas tendências do crescimento de fluxos de dados (fluxos não físicos) (PORTER; HEPPELMANN, 2014; SCHNEIDER, 2018; STRANGE; ZUCHELLA, 2017), o componente 'tipo' visa analisar as mudanças em relação aos fluxos físicos e não físicos que existem na cadeia. O

componente 'direção' foi definido com base na literatura que fala sobre dados sendo trocados não apenas à jusante da cadeia, como tradicionalmente, mas em múltiplas direções. (FERRANTINO; KOTEN, 2019; MANYIKA *et al.*, 2016). Ele visa analisar as mudanças na direção dos fluxos na cadeia. Por fim, a partir da literatura que salienta o aumento da quantidade e da frequência do fluxo de dados (MANYIKA *et al.*, 2016), bem como a substituição de fluxos físicos por dados (PORTER; HEPPELMANN, 2014; SCHEER, 2019), definiu-se o componente 'intensidade'.

Para o elemento *atores*, foram definidos dois componentes: 'número' e 'papéis'. O componente 'número' visa analisar as mudanças na quantidade de atores que participam do processo de criação de valor. Ele foi extraído da literatura que fala em aumento do número de empresas participando da cadeia (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; NISHIOKA *et al.*, 2016; WEE *et al.*, 2015); do surgimento de novos atores (STRANGE; ZUCHELLA, 2017; WEE *et al.*, 2015); da fragmentação da cadeia (BLANCHET *et al.*, 2014; MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRČETIĆ, 2016) e da desintermediação da cadeia de valor. (DELMOND *et al.*, 2017; DELOITTE, 2015; PORTER; HEPPELMANN, 2014; WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE, 2017b). O componente 'papéis' deriva da literatura que fala sobre a co-criação (STRANGE; ZUCHELLA, 2017), bem como da co-operação (OECD, 2017), e visa analisar as mudanças no papel exercido pelos atores na cadeia.

Com relação ao elemento *governança*, foram definidos dois componentes: 'relacionamentos' e 'contratos'. O componente 'relacionamentos' visa analisar as mudanças nos relacionamentos com os clientes e outros participantes da cadeia. Ele foi derivado de textos que falam sobre: o relacionamento contínuo com o cliente (ARNOLD; KIEL; VOIGT, 2016; PORTER; HEPPELMANN, 2015; SCHUH *et al.*, 2017; STRANGE; ZUCHELLA, 2017); a servitização da manufatura, ou o produto como serviço (FRANK *et al.*, 2019; HUXTABLE; SCHAEFER, 2016; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SMINIA *et al.*, 2018); a colaboração dinâmica entre os participantes da cadeia (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; SCHUH *et al.*, 2017; USLÄNDER; EPPLE, 2015); a produção em redes (ANG; GOH; LI, 2016; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013); e a virtualização da cadeia de valor. (GÖTZ; JANKOWSKA, 2017; VEZA; MLADINEO;

GJELDUM, 2015). O componente ‘contratos’ visa analisar as mudanças nas formas de realizar os contratos. Sua definição foi embasada nos textos que falam sobre contratos inteligentes (MOHAMED; AL-JAROODI, 2019; SCHEER, 2019); contratos por desempenho (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PORTER; HEPPELMANN, 2014; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017); e contratos de produto como serviço. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PORTER; HEPPELMANN, 2014).

A Tabela 15 mostra cada elemento, seus componentes, suas funções e em relações com os impactos da I4.0 citados na literatura.

Tabela 15 - Elementos e componentes do *framework* – F1

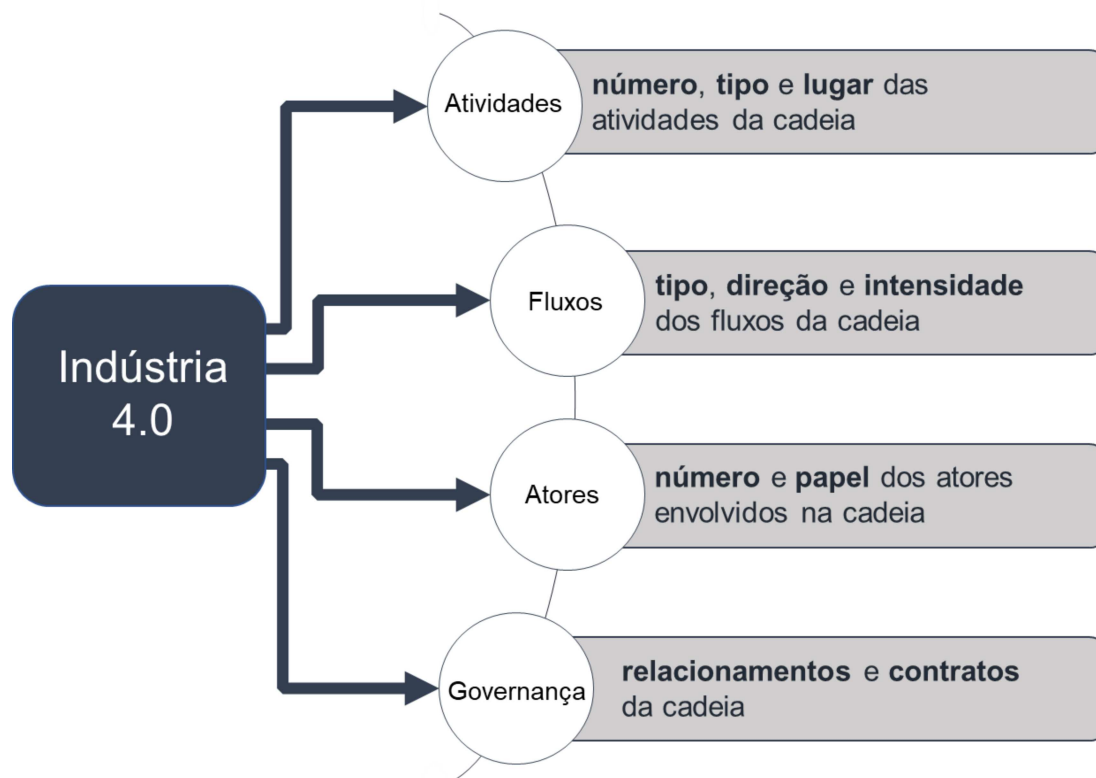
Elemento	Componente	Função do Componente	Relação com impactos da I4.0 citados na literatura
Atividades	Número	Analisar as mudanças na quantidade de atividades envolvidas na criação do valor.	- Encurtamento das cadeias de valor
	Tipo	Analisar as mudanças no conteúdo das atividades desempenhadas em determinada cadeia.	- Automação e mudança no conteúdo das atividades tradicionais da cadeia
	Local	Analisar as mudanças no local onde as atividades são realizadas.	- Repatriação das atividades de manufatura - Intensificação da divisão do trabalho internacionalmente
Fluxos	Tipo	Analisar as mudanças em relação aos fluxos físicos e não físicos que existem na cadeia.	- Aumento do fluxo de dados
	Direção	Analisar as mudanças na direção dos fluxos na cadeia.	- Troca de dados em todos os sentidos
	Intensidade	Analisar as alterações na frequência e quantidade de fluxos.	- Substituição de fluxos físicos por dados
Atores	Número	Analisar as mudanças na quantidade de atores envolvidos na criação do valor.	- Aumento do número de atores - Desintermediação da cadeia de valor
	Papéis	Analisar as mudanças no papel exercido pelos atores na cadeia.	- Co-criação - Co-operação
Governança	Relacionamentos	Analisar as mudanças nos relacionamentos com os clientes e outros atores da cadeia	- Relacionamento contínuo com o cliente - Cadeias de valor dinâmicas - Produção em redes - Virtualização da cadeia de valor
	Contratos	Analisar as mudanças nas formas de realizar os contratos.	- Novos tipos de contratos

Fonte: Elaborada pela autora.

4.1.2.1 Versão F1 do Artefato

A partir da definição dos componentes de cada elemento, uma nova versão do *framework* foi gerada, conforme mostra a Figura 16.

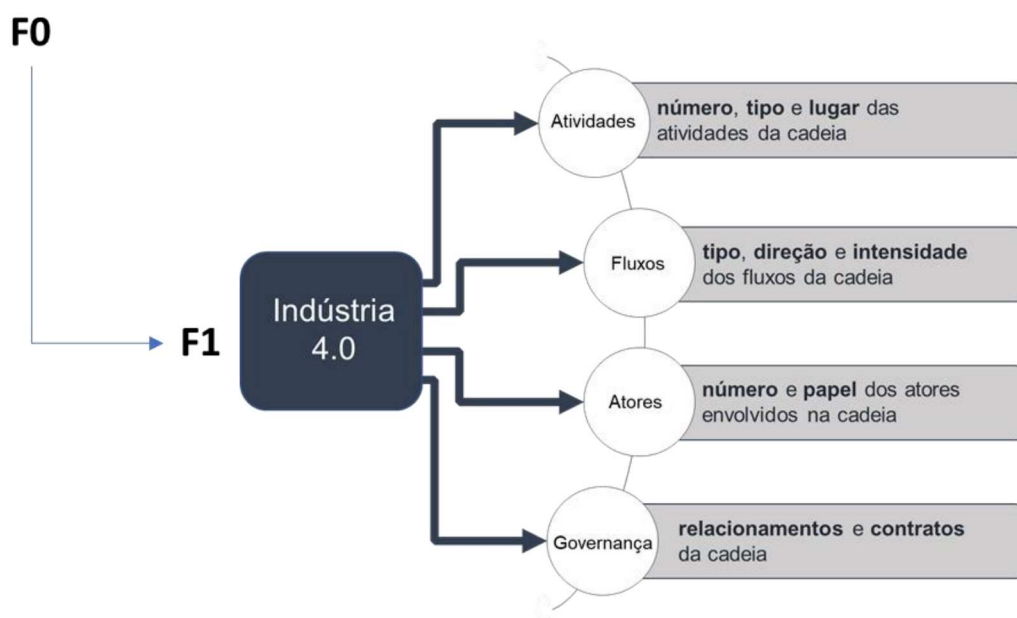
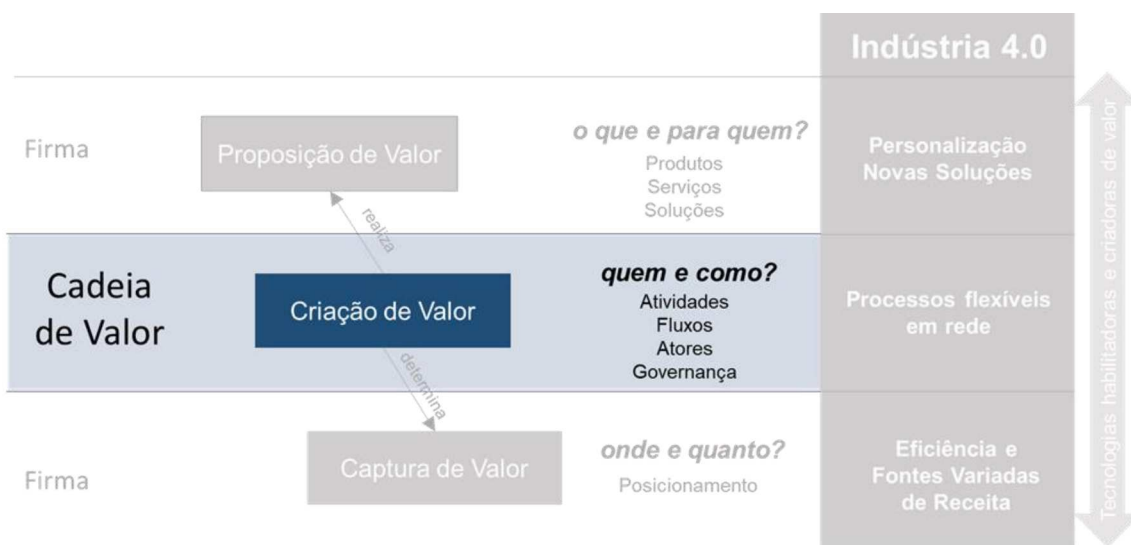
Figura 16 - Versão F1 do artefato



Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que as tecnologias foram retiradas nessa versão. O motivo é que buscou-se focar nos elementos da cadeia de valor e não nos detalhes da I4.0. Entendeu-se, então, que as tecnologias, apesar de serem centrais na I4.0, não precisariam ter um destaque especial no artefato. A Figura 17 ilustra a evolução do F0 para o F1.

Figura 17 - Evolução do artefato da versão F0 para a F1



Fonte: Elaborada pela autora.

As partes na cor cinza do F0 foram removidas quando da construção da versão F1. Como se pode observar foi dado um foco maior no processo de criação de valor. Para melhor responder às questões 'quem' e 'como' cada elemento foi detalhado em componentes, conforme pode ser visto no F1. O F1 foi, então, submetido à consulta a especialistas.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

Este capítulo trata do desenvolvimento do *framework* através de duas etapas. A primeira consiste na análise das críticas feitas por especialistas, resultando numa nova versão do artefato, a F2. A segunda traz o estudo de caso na cadeia da agricultura, que resultou na versão F3 o *framework*.

4.2.1 Consulta a Especialistas – Versão F2

A versão F1 do *framework* foi exposta às críticas de nove especialistas em I4.0 na Alemanha, durante o período do doutorado sanduíche realizado pela pesquisadora na Universidade Técnica de Kaiserslautern, conforme já explicado no capítulo do método. As interações originaram seis documentos (quatro transcrições de entrevistas, uma transcrição do colóquio e as respostas enviadas por e-mail), que foram transferidos para o *software* Atlas Ti® para facilitar a organização e análise dos dados. A seguir é apresentada a análise realizada.

4.2.1.1 Análise, Ações e Desdobramentos

Os textos dos seis documentos foram codificados *in-vivo* e, posteriormente, os códigos foram classificados por temas. Ao todo, foram codificados 125 trechos, e identificadas seis categorias de análise, a saber: Conceitos, Entidades, Relacionamentos, Objetivos, Adequação e Procedimentos. As três primeiras categorias referem-se ao conteúdo do artefato e as outras três ao seu processo de desenvolvimento. A Tabela 16 mostra o número de citações de cada uma das categorias.

Tabela 16 - Número de citações de cada uma das categorias

Classe	Categoria	Nº de Citações
Conteúdo	Conceitos	17
	Entidades	22
	Relacionamentos	8
	<i>Total</i>	<i>47</i>
Processo de Desenvolvimento	Objetivos	10
	Adequação	51
	Procedimentos	17
	<i>Total</i>	<i>78</i>

Fonte: Elaborada pela autora.

Os trechos marcados continham tanto críticas (98), como comentários positivos (27) a respeito do artefato. A partir da análise das críticas foram definidas 17 ações de avaliação, que geraram um total de 24 desdobramentos. Os desdobramentos foram de três tipos: 14 esclarecimentos, oito modificações do artefato, e duas modificações dos procedimentos de pesquisa. A seguir são apresentadas as análises por categoria, bem como seus desdobramentos.

4.2.1.1.1 Conteúdo

Das 47 citações referentes ao conteúdo do artefato, 41 foram críticas. As críticas referentes a conceitos, entidades e relacionamentos geraram ao todo cinco ações, como mostra a Tabela 17:

Tabela 17 - Ações definidas em cada categoria de Conteúdo.

Categoria	Ação	Nº de Citações (críticas)
Conceitos	1. Avaliar a necessidade de melhorar definições	12
	2. Avaliar diferenças entre conceitos similares e/ou relacionados	4
Entidades	3. Avaliar modificação dos componentes dos elementos	15
	4. Avaliar a divisão de elementos	2
Relacionamentos	5. Estabelecer relacionamentos entre os elementos	8

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, cada categoria é analisada.

Conceitos

Das 17 colocações relativas aos conceitos utilizados, uma era um comentário positivo, e, portanto, não gerou ação. Em 12 citações os especialistas apontaram a necessidade de melhoria na definição de alguns conceitos, o que resultou na ação 1 – avaliar a necessidade de melhorar definições. Em quatro citações questionaram a similaridade entre alguns conceitos, gerando a ação 2 – avaliar diferenças entre conceitos similares e/ou relacionados. Cada ação é discutida e desdobrada a seguir.

Ação 1. Avaliar a necessidade de melhorar definições

Os conceitos, que, segundo os especialistas, precisavam ser melhor definidos são: I4.0, Cadeia de Valor, Fluxos e Governança. Quatro especialistas ressaltaram a importância de uma definição bem clara da expressão I4.0. O Dr. Werth questionou:

Qual é o entendimento da Indústria 4.0 que você baseou seu estudo? Porque provavelmente, se você perguntar a 10 pessoas sobre o que elas querem dizer com a Indústria 4.0, você receberá 15 respostas diferentes.

Apesar de ter sido explicada pela pesquisadora no início de cada conversa a definição utilizada no trabalho, os especialistas sentiram necessidade de deixar isso mais claro. Para eles, sem essa definição, as discussões podem se tornar ou amplas ou estreitas demais.

- *Desdobramento A1.1:* O conceito utilizado de I4.0 neste trabalho foi melhorado no capítulo 1.1 Objeto e Problema de Pesquisa, e inserido no protocolo de entrevista do estudo de caso (Apêndice B), bem como no procedimento que explica como deve ser usado o *framework* (Apêndice C).

Com relação ao conceito de cadeia de valor, a Dra. Falk comentou que para ela não estava claro o conceito de cadeia de valor utilizado no *framework*. Entende-se que definir esse conceito é importante para a correta aplicação do artefato, e que ele deve estar claro para todos que estiverem discutindo o tema.

- *Desdobramento A1.2*: O conceito de cadeia de valor utilizado nesse trabalho foi melhorado no capítulo 1.1 Objeto e Problema de Pesquisa e inserido no procedimento que explica como deve ser usado o *framework* (Apêndice C).

Adicionalmente, o significado de *fluxos* foi questionado pela Dra. Falk, apesar de no início de cada entrevista com os especialistas terem sido apresentadas as definições de cada um dos elementos do *framework*. Isso indica que esse é um termo que pode não ser facilmente compreendido. O Dr. Otto, por sua vez, compreendeu o termo, mas salientou que deveriam ser incluídos na definição os fluxos monetários. De fato, apesar de considerar esses fluxos, a pesquisadora não os havia colocado na definição.

- *Desdobramento A1.3*: A pesquisadora inseriu a palavra ‘dinheiro’ na definição do elemento *fluxos* no item 4.1.1 Conhecimentos Descritivo e Prescritivo Existentes – Versão F0. Para garantir o correto entendimento do elemento *fluxos* nas entrevistas subsequentes, foram incluídos exemplos de fluxos no protocolo de entrevista do estudo de caso (Apêndice B).

Com relação ao conceito de governança como projeto e orquestração do processo de criação de valor, o Dr. Werth apontou dúvidas.

[...] Para mim a governança é mais o conjunto geral de regras que constroem as fronteiras de algo, que é algo diferente de orquestração e controle, porque ambos são coisas que na verdade não funcionam como limites, eles funcionam direcionando as coisas. Enquanto a governança clássica [...] não está direcionando, está proibindo.

No entendimento do entrevistado governança está relacionado a regras que limitam a atividade, enquanto a orquestração e controle tratam do direcionamento dos processos. De fato, o termo governança é utilizado pela literatura de forma bastante variada, e frequentemente tem relação com proibições que visam garantir a conformidade das ações dos executivos com normas e leis. Contudo, a abordagem utilizada nesta pesquisa foi embasada em Humphrey e Schmitz, (2001, p.21), que afirmam que “[...] governança em cadeias de valor tem algo a ver com o exercício do controle ao longo da

cadeia.”⁵⁸. O controle aqui se refere aos parâmetros ‘o que’, ‘como’, ‘quando’, ‘quanto produzir’ e a ‘que preço’. Assim, entendeu-se que a crítica reflete uma divergência de conceitos utilizados como base, e por isso nenhum desdobramento foi necessário.

Ação 2. Avaliar diferenças entre conceitos similares e/ou relacionados

Quatro colocações dizem respeito à necessidade de melhorar a definição de temas similares e/ou relacionados aos que são tratados neste trabalho. Os conceitos em questão foram cadeia de valor *versus* ecossistema de negócios, Indústria 4. *versus* transformação digital

Dois especialistas deixaram clara a necessidade de definir a diferença entre o conceito de cadeia de valor e o de ecossistemas. Nas palavras do Dr. Otto:

...vemos, é claro, o surgimento dos chamados ecossistemas, que são algo um pouco diferente de uma cadeia de valor, porque também incluem atores que não faziam parte da cadeia de valor no passado.

Esse trecho mostra que os temas são próximos e que é importante esclarecer a abordagem utilizada.

- *Desdobramento A2.1:* A diferença entre os dois termos foi esclarecida no item 2.1.2.3 Outros Construtos relacionados à Cadeia de Valor.

Com relação aos termos I4.0 *versus* transformação digital, o Dr. Zühlke colocou que para ele o termo I4.0 refere-se mais à transformação interna das estruturas produtivas, e que um fenômeno mais abrangente é a transformação digital:

[...] transformação digital é para mim a forma mais abrangente que descreve a transformação digital da indústria ou na indústria, se você prefere se concentrar um pouco mais no que estamos falando, nas cadeias de valor industriais.

Hess *et al.* (2019) colocam que:

⁵⁸ Tradução livre da autora. “[...] *governance in value chains has something to do with the exercise of control along the chain*”.

A transformação digital está preocupada com as mudanças que as tecnologias digitais podem trazer ao modelo de negócios de uma empresa, que resultam em produtos ou estruturas organizacionais diferentes, ou na automação de processos (p.122).

Neste trabalho o conceito de I4.0 tem um significado semelhante ao de transformação digital definido por Hess *et al.* (2019), uma vez que também se ocupa das mudanças que as tecnologias digitais podem trazer aos negócios. Assim, apesar de o termo I4.0 ter sido escolhido para o título e os objetivos desta tese, a expressão transformação digital é usada ao longo do trabalho como sinônimo.

- *Desdobramento A2.2*: Foi incluída a explicação sobre a opção pelo termo I4.0 e sobre o uso da expressão transformação digital como sinônimo no Capítulo 1 INTRODUÇÃO – Introdução.

Entidades

Houve 22 colocações a respeito dos elementos e componentes do *framework*, sendo que cinco delas eram comentários positivos. Das 17 críticas, 15 são relacionadas à modificação dos componentes de cada elemento, que geraram a ação 3 – avaliar a modificação dos componentes dos elementos. As outras duas dizem respeito à divisão dos elementos, resultando na ação 4 – avaliar a divisão de elementos.

Ação 3. Avaliar modificação dos componentes dos elementos

As críticas geraram a necessidade de avaliação da necessidade de inclusão, exclusão ou mesmo junção de alguns componentes dos elementos do *framework*, conforme segue:

- exclusão dos componentes ‘número’ e ‘tipo’ do elemento *atividades* e componente ‘número’ do elemento *atores*;
- junção dos componentes ‘contratos’ e ‘relacionamentos’ do elemento *governança* como uma única entidade
- inclusão: de um componente em *atividades* relativo à engenharia de sistemas; de componentes em *governança* relativos a modelos de negócios digitais, à segurança cibernética e aos direitos e deveres relativos ao uso dos dados; e de dois componentes em *fluxos*, um

relativo ao grau de repetibilidade de uma atividade/tarefa, e outro que capture o grau de automação dos fluxos.

O componente 'número' foi criticado pela Dra. Falk. Para ela, quantificar as atividades não diz muito sobre como a cadeia se transforma. Esse componente foi definido com base em duas tendências identificadas na literatura sobre I4.0: o encurtamento das cadeias de valor (FERRANTINO; KOTEN, 2019; GÖTZ; JANKOWSKA, 2017; SCHUH; REUTER; HAUPTVOGEL, 2015; STRANGE; ZUCHELLA, 2017) e a desintermediação. (DELMOND *et al.*, 2017; PORTER; HEPPELMANN, 2014; WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE, 2017b). Contudo, a crítica foi aceita porque se entendeu que quantificar não é a melhor forma de captar esses impactos. Isto porque, como colocado pelo Dr. Otto, as tradicionais atividades da cadeia de valor continuam existindo, o que muda é a forma de realizá-las ('como') e o responsável pela sua realização ('quem'). A avaliação de 'quem' realiza a atividade está contemplada no elemento *atores*. Já a forma 'como' as atividades são realizadas está representada no F1 pelo atributo 'tipo', que é analisado a seguir.

- *Desdobramento A3.1*: O componente 'número' do elemento *atividades* foi excluído.

Outro componente que gerou questionamentos foi o 'tipo', do elemento *atividades*. Esse componente foi definido com base nos impactos de servitização (FRANK *et al.*, 2019; HUXTABLE; SCHAEFER, 2016; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SMINIA *et al.*, 2018; VEZA; MLADINEO; GJELDUM, 2015) e automação e mudança no conteúdo das atividades tradicionais da cadeia. (PORTER; HEPPELMANN, 2015; STRANGE; ZUCHELLA, 2017). Entretanto, o Dr. Otto ressaltou que o tipo de atividade não muda, mas pode mudar seu conteúdo e grau de automação. Na mesma linha, a Dra. Falk também citou que algumas atividades estão sendo digitalizadas. Essas colocações corroboram com os impactos identificados, mas discordam do componente definido. Assim, entendeu-se que 'tipo' não é adequado para captar esses efeitos, e que poderia ser substituído por componentes mais diretamente relacionados, tais como 'conteúdo' e 'grau de automação'.

- *Desdobramento A3.2*: O componente 'tipo' do elemento *atividades* foi excluído do artefato F2. Para captar as mudanças mencionadas pelos especialistas foram inseridos os componentes 'conteúdo', que analisa as mudanças nas tarefas que constituem as atividades tradicionais da cadeia de valor (P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços), e 'grau de automação', que analisa as mudanças no grau de automação das atividades realizadas.

Um dos especialistas questionou a separação das entidades contratos e relacionamentos no *framework*. Para o Dr. Werth contrato é uma instanciação dos relacionamentos, uma vez que representa a sua formalização. Entendeu-se que essa abordagem faz sentido e a junção em uma única entidade é apropriada.

- *Desdobramento A3.3*: Os componentes 'contratos' e 'relacionamentos' foram unidos em um único componente, 'relacionamentos'.

O Sr. Piriemkemper sugeriu a inserção de um componente relativo à engenharia de sistemas no elemento *atividades* para descrever o desenvolvimento interdisciplinar contínuo de sistemas técnicos inteligentes. Entende-se que essa característica poderá ser analisada nos componentes 'conteúdo' e 'grau de automação'. Nesse sentido, e visando manter o artefato simples e objetivo, a sugestão não foi acatada.

Adicionalmente, foi sugerida a inserção de quatro componentes em *governança*: modelo de negócios, segurança cibernética e direitos e deveres em relação ao uso de dados. Modelos de negócio são fundamentais na consideração dos impactos da I4.0 na cadeia, mas entende-se que eles já estão implícitos na discussão sobre como o valor é criado, não devendo ser tratados como um componente separado. A segurança cibernética é outro ponto central quando se fala em transformação digital, pois inclui as preocupações relacionadas a manter os sistemas protegidos de ataques ou falhas e ao mesmo tempo garantir que eles não sejam ofensores ao ambiente ou às pessoas. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Esse aspecto é um requisito técnico para que os sistemas produtivos 4.0 se estabeleçam, mas no entendimento da pesquisadora, não se constitui em uma entidade relevante para a análise dos impactos na cadeia de valor.

No que tange aos direitos e deveres em relação ao uso dos dados, entende-se que, de fato, fazem parte da governança e devem estar explícitos de alguma forma no artefato. Eles se referem às regras de participação da criação de valor. Ao estudar essa inclusão, a pesquisadora constatou outro aspecto que, apesar de expresso na literatura sobre I4.0, não foi considerado na versão F1 do artefato. Sturgeon, Van Biesebroeck and Gereffi (2008) ressaltam a necessidade de estabelecimento de padrões como regras para se participar da cadeia de valor. Na I4.0, o estabelecimento de padrões de interoperabilidade é tema muito discutido. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; MANYIKA et al., 2015; RONG et al., 2015; SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016). Interfaces padronizadas permitem sistemas flexíveis, com soluções que se acoplam e desacoplam facilmente. Isso altera a forma de organização da cadeia. Nesse sentido, é adequada a criação de um componente chamado 'regras' que considere tanto as questões relativas ao uso de dados, quanto às relacionadas aos padrões de interoperabilidade.

- *Desdobramento A3.4.* Foi criado um componente chamado 'regras' no elemento *governança*.

Por fim, outra sugestão de inclusão foi relacionada à necessidade de capturar o grau de repetibilidade dos fluxos. Entende-se que essa sugestão, dada pelo Dr. Werth, é mais relevante para o mapeamento e otimização de processos de negócios do que para a discussão e análise da transformação da cadeia. Por esse motivo essa sugestão não foi aceita.

Ação 4. Avaliar a divisão de elementos

Duas críticas levantaram a necessidade de avaliar se seria apropriada a divisão de alguns elementos do artefato. A primeira diz respeito a dividir os fluxos físicos e não físicos e a segunda a dividir os atores individuais e os organizacionais, ambas apontadas pelo Dr. Werth. Com relação ao elemento *fluxos*, o especialista colocou:

Fluxos físicos é algo muito diferente dos fluxos não físicos, e você não pode igualar ao outro porque eles seguem princípios diferentes, leis diferentes, por natureza, então... então eu acho que, para o geral, pode ser suficiente, mas se você quiser fazer algo operacional, provavelmente não é definitivo.

Essa colocação alertou para o fato de que a natureza dos fluxos físicos e não físicos é diferente. De fato, a divisão é relevante para a discussão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor e por isso o componente 'tipo' foi definido no F1. Ocorre que colocando 'tipo' como um componente paralelo aos outros dois componentes, 'direção' e 'intensidade', não é possível se fazer uma análise adequada do impacto. Por exemplo, pode ser que a intensidade do fluxo de dados aumente, enquanto a intensidade dos fluxos de materiais diminua. Assim, a pesquisadora concordou com a necessidade de estabelecer uma divisão mais clara entre os fluxos físicos e não físicos. Entretanto, optou-se por não fazer a divisão no nível do elemento, mas num nível intermediário, chamado sub-elemento. Essa inserção tornou desnecessário o componente 'tipo'.

- *Desdobramento A4.1.* Foram inseridos dois sub-elementos no elemento *fluxos*, fluxos físicos e fluxos não físicos, e excluído o componente 'tipo' desse elemento.

Com relação ao elemento *atores*, o Dr. Werth argumenta que da forma como foi definido não é possível diferenciar atores individuais de organizacionais. Para ele esse é um ponto importante porque atualmente existem iniciativas que permitem a participação tanto de indivíduos como organizações no processo de criação de valor.

A pesquisadora concordou que o elemento *atores* do artefato deveria de alguma forma contemplar a possibilidade de participação de pessoas físicas e empresas. Entendeu também que os componentes 'número' e 'papéis' não contemplavam esse aspecto. Assim, decidiu-se alterar os componentes do elemento *atores*.

- *Desdobramento A4.2.* Foi inserido um componente no elemento *atores*, que contempla a análise de 'quem' participa da cadeia de valor, podendo incluir quaisquer tipos de atores, individuais e organizacionais. Optou-se por nomear esse componente como 'elenco'. Esse termo é utilizado originalmente para definir os artistas que participam de uma peça, filme ou espetáculo. Entendeu-se que a metáfora é apropriada para definir os atores que participam do processo de criação.

Relacionamentos

Cinco especialistas fizeram oito colocações referentes aos relacionamentos entre os elementos do *framework*, resultando na ação 5, que é evidenciar a existência de relacionamentos entre os elementos.

Ação 5. Evidenciar existência de relacionamentos entre os elementos

A relevância da discussão dos relacionamentos entre os elementos do artefato foi destacada em vários momentos das entrevistas. Dr. Otto colocou:

[...] resultados interessantes serão na combinação dos quatro diferentes elementos, certo? Porque você tem atividades, você tem papéis e assim por diante, e eu acho que a configuração deles vai mudar.

De fato, os quatro elementos do artefato relacionam-se entre si, pois compõem diferentes ‘camadas’, ou dimensões de análise do processo de criação de valor. O Dr. Zühlke destacou a existência de relação entre *governança* e *atores*, quando disse que “*[...] os contratos estão sempre mudando porque temos mais atores em menos tempo vindo para esta corrida [...]*”. Além disso, o especialista relacionou *fluxos* e *atores* ao afirmar que “*[...] os dados estão fluindo agora em duas direções, porque [...] o cliente não apenas compra, mas também pode fornecer o design.*”.

Nesse sentido, entendeu-se que as relações entre os quatro elementos do artefato devem ser consideradas na discussão sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor. O Dr. Werth salientou, inclusive, que a definição da interconexão entre os itens do *framework* proporcionaria uma importante contribuição para a comunidade de pesquisa. Apesar de a pesquisadora ter concordado com essa colocação, é relevante lembrar que o propósito do artefato não é pré-determinar ou generalizar essas conexões, mas sim servir como uma estrutura para discuti-las, gerando aprendizado.

- *Desdobramento A5.* Foram incluídas no F2 setas mostrando que os elementos do *framework* estão relacionados entre si.

4.2.1.1.2 Processo de Desenvolvimento

Das 78 citações referentes ao processo de desenvolvimento do artefato, 56 foram críticas. As críticas referentes a objetivos, adequação e procedimentos geraram 12 ações, o dobro do grupo conteúdo, o que evidenciou a necessidade de melhoria nas questões metodológicas. A Tabela 18 mostra as ações definidas para cada categoria do grupo.

Tabela 18 - Ações definidas em cada categoria de processo de desenvolvimento

Categoria	Ação	Nº de Citações (críticas)
Objetivos	6. Esclarecer para que serve e para que não serve o <i>framework</i>	5
	7. Delimitar melhor o escopo da pesquisa	3
Adequação	8. Avaliar se o <i>framework</i> reflete suficientemente os constituintes, componentes ou aspectos fundamentais da Indústria 4.0	16
	9. Avaliar a inserção de elementos contextuais direcionadores da mudança no <i>framework</i>	7
	10. Avaliar se a proposta de <i>framework</i> está num nível muito alto de abstração	6
	11. Analisar se a estrutura captura o resultado essencial de qualquer cadeia de valor: o valor	2
Procedimentos	12. Avaliar como serão medidas as mudanças	4
	13. Avaliar escopo do estudo de caso	4
	14. Avaliar se foram tomadas as ações para garantir a validade do <i>framework</i>	4
	15. Avaliar o método utilizado para definir cada elemento do <i>framework</i>	3
	16. Avaliar necessidade de criar um guia de como o <i>framework</i> poderá ser operacionalizado pelos usuários	1
	17. Reavaliar as fontes de criação e avaliação do artefato	1

Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, cada categoria é analisada e as respectivas ações são explicadas.

Objetivos

Foram marcados dez trechos de entrevistas referentes aos objetivos do artefato. Desses, oito são críticas. Elas resultaram em duas ações: (6) esclarecer o propósito do *framework* e (7) delimitar o escopo da pesquisa. Elas são explicadas a seguir.

Ação 6. Esclarecer para que serve e para que não serve o framework

Quatro especialistas fizeram críticas a respeito dos objetivos do artefato. Apesar de a pesquisadora ter explicado inicialmente para que o *framework* seria usado, parece não ter ficado suficientemente claro para os especialistas, indicando necessidade de melhorias nesse item. A Dra. Gottwald, por exemplo, comentou “[...] *estou me perguntando até que ponto você está avaliando o impacto que já aconteceu ou o impacto que a I4.0 pode ter*”.

A dúvida colocada pela especialista pode ter sido gerada pelo fato de que para a realização do estudo de caso, a pesquisadora estabeleceu ser necessário analisar uma cadeia em que alguns impactos já tivessem ocorrido. Esse requisito se justifica porque o caso é parte do processo de desenvolvimento do *framework*. Entretanto, quando do uso do artefato, não há exigências em termos de ‘quando’ ele deve ser aplicado. Como a estrutura objetiva ser um guia para que as empresas discutam os impactos da I4.0 no processo de criação de valor dos seus negócios, é claro que a sua utilização faz mais sentido antes de os impactos acontecerem.

Outra colocação que vale a pena ser destacada é a do Dr. Werth:

Se sua intenção é que sua estrutura ajude na discussão sobre o impacto da I4.0, isso é provavelmente possível, se sua intenção é modelar esses impactos de uma forma mais específica, o que eu acho que não é, não tenho ideia de como isso pode funcionar.

A fala do especialista evidencia a necessidade de deixar claro que o artefato não se propõe a modelar os impactos da I4.0 na cadeia de valor. No entendimento da pesquisadora, essa abordagem implicaria uma análise *ex post*, o que ainda não é possível em razão de o novo paradigma estar apenas iniciando. Na mesma linha, é importante salientar que o *framework* não tem o objetivo de melhorar o desempenho atual das empresas. O Sr. Pierenkemper colocou que “[...] *é preciso mostrar às empresas como essa estrutura pode ajudá-las a melhorar seu desempenho [...]*”. O desempenho a que o especialista se refere aqui é o desempenho no processo de transformação digital. É importante esclarecer que o foco do *framework* não é explicar os impactos em termos de performance da cadeia.

- *Desdobramento A6.* Os itens 1.1 Objeto e Problema de Pesquisa e 1.3 Justificativa, foram revisados para deixar mais claro o propósito do artefato.

Ação 7. Delimitar o escopo da pesquisa.

Os especialistas do Instituto Steinbeis mostraram dúvidas em relação ao escopo da pesquisa. Nas suas palavras:

Você está tentando encontrar uma teoria mundial universal sobre a I4.0, ou você quer focalizá-la em um setor? Porque eu imagino, sem saber, que a I4.0 pode ser bem diferente comparada entre setores distintos [...]. Pesquisador Sr. do Instituto Steinbeis.

[...] e eu acho que existem perspectivas diferentes também se você olhar o que está acontecendo na Alemanha, olhar o que está acontecendo no Brasil e provavelmente poderia ser muito útil. Dra. Gottwald.

A dúvida dos pesquisadores mostra que é preciso deixar mais claro, tanto na Justificativa, quanto na Delimitação deste trabalho as fronteiras da pesquisa e as suas contribuições para a teoria. Nem se busca desenvolver uma teoria universal, nem se foca em um determinado setor, tampouco em um país. O pressuposto fundamental é de que é possível definir elementos da cadeia de valor que podem ser utilizados para discutir os impactos da I4.0 em qualquer setor, em qualquer país. De fato, isso não foi apresentado aos especialistas, nem estava suficientemente claro no trabalho.

- *Desdobramento A7.1.* Os esclarecimentos sobre as contribuições para a teoria, bem como das fronteiras da pesquisa foram melhorados nos itens 1.3.2 Contexto Acadêmico e 1.4 - Delimitação da Pesquisa.

O Dr. Höptner fez outra crítica:

É um tipo de trabalho descritivo, que não está olhando para o futuro nem apresenta resultados de avaliação [...], é descritivo, você descreve o que está acontecendo [...] Mas não há possibilidade de decidir se foi bom mudar daqui para cá.

Essa crítica ressalta a necessidade de esclarecer dois pontos. O primeiro é que este não é um trabalho descritivo, o artefato, sendo um produto do método de pesquisa – *DSR* – é prescritivo, pois consiste num guia a ser

utilizado pelas empresas. O segundo é que o caso analisado descreve os impactos com o objetivo de identificar elementos abstratos que possam ser utilizados na estrutura do artefato e não para avaliar os resultados para o negócio ou a cadeia.

- *Desdobramento A7.2.* O item 1.4 - Delimitação da Pesquisa foi modificado para esclarecer os dois pontos.

Adequação

Esta categoria refere-se à capacidade de o artefato capturar as principais transformações relacionadas à I4.0. Com 51 colocações, foi a mais citada pelos especialistas, sendo que 31 foram críticas. Apesar do significativo número de citações, apenas quatro ações foram definidas, evidenciando uma certa congruência entre as visões dos especialistas, são elas: 8 – avaliar se o *framework* reflete suficientemente os constituintes, componentes ou aspectos fundamentais da I4.0; 9 – avaliar a inserção no *framework* de elementos contextuais direcionadores da mudança; 10 – avaliar se a proposta de *framework* está num nível muito alto de abstração; e 11 – analisar se a estrutura captura o resultado essencial de qualquer cadeia de valor: o valor

Ação 8: Avaliar se o framework reflete suficientemente os constituintes, componentes ou aspectos fundamentais da I4.0.

Três especialistas, Dr. Otto, Dr. Zühlke e Dr. Werth fizeram colocações referentes à necessidade de o artefato refletir o que está sendo pesquisado e discutido sobre a I4.0. Foram apontados oito aspectos, a saber:

- mudanças no sistema produto/serviço;
- produção estendida ao consumidor;
- maior interação entre produtor e consumidor;
- mudanças nos contratos;
- crescimento da importância dos mercados regionais e o retorno da produção para os países onde estão os consumidores (*reshoring*);
- estrutura de produção centralizada/descentralizada.
- divisão do trabalho e dos lucros globalmente e impacto social.

Conforme mostra a Tabela 15, na seção 4.1.2 deste trabalho, os cinco primeiros itens já estão contemplados em componentes do artefato. Os dois últimos são explicados aqui.

As questões relativas a uma estrutura centralizada/descentralizada de produção poderão ser discutidas nos elementos *atividades* e *atores*. A partir desses elementos as empresas analisarão, por exemplo, 'onde' as atividades serão realizadas e 'quem' participará do processo de criação. Entende-se, portanto, que o artefato já captura esse aspecto da I4.0.

Apesar de ser um tema fundamental quando se considera um novo paradigma tecnológico, a divisão dos ganhos em termos globais, bem como questões sociais não fazem parte do objetivo central do *framework*. Isto tornaria o artefato demasiadamente amplo, desviando seu foco.

- *Desdobramento A8*: No item 1.4 - Delimitação da Pesquisa foi esclarecido que a divisão dos ganhos em termos globais e os impactos sociais relacionados à I4.0 não fazem parte do escopo do artefato.

Ação 9: Avaliar a inserção no framework de elementos contextuais direcionadores da mudança.

A relevância dos elementos contextuais foi ressaltada por três especialistas: o Dr. Otto, o Dr. Zühlke e a Dra. Falk. Para eles, os direcionadores da implementação da I4.0 devem estar contemplados no artefato, com destaque para: aumento da complexidade, volatilidade e velocidade dos sistemas de produção, mudança na demanda, preço da tecnologia e questões regulamentares.

De fato, é comum encontrar na literatura o ambiente em transformação como ponto de partida para as mudanças nos negócios (por exemplo, UNIDO and Policy Links, 2017; Wang *et al.*, 2017; Rachinger *et al.*, 2018). Frequentemente esses fatores externos estão divididos em três categorias: tecnologia, demanda e regulamentação. Dessa forma, entende-se que a análise do impacto da I4.0 na cadeia de valor deve considerar esses fatores contextuais, o que requer uma mudança no F1.

- *Desdobramento A9*: Com base em Rennings (2000), foram incluídos no F2 três determinantes contextuais, a saber:

- ‘empurrados’ pela tecnologia (*technology-push*): analisa os avanços técnicos e a combinação de tecnologias que impulsionam as mudanças.
- ‘puxados’ pela demanda (*demand-pull*): analisa as expectativas de demanda e as oportunidades que estão ‘puxando’ as mudanças.
- ‘empurrados’ ou ‘puxados’ pela regulamentação (*regulatory push/pull*): analisa o quadro de regulamentação que está ‘empurrando’ ou ‘puxando’ as alterações.

Ação 10: Avaliar se a proposta de framework está num nível muito alto de abstração

Seis colocações feitas por dois especialistas questionaram o nível de abstração e de detalhamento do *framework*. Para o Dr. Lasi, o foco está muito amplo e genérico. Na sua visão é importante detalhar e, conseqüentemente, reduzir o escopo do artefato. Já o Dr. Werth não mencionou redução de escopo, mas salientou diversas vezes a necessidade de definir mais elementos para que se possa cumprir com o objetivo proposto.

Neste trabalho, o escopo amplo justifica-se porque utilizar a cadeia de valor como unidade de análise requer um alto nível de abstração, pois isso inclui todas as atividades realizadas para trazer as soluções para o cliente, não se limitando a uma empresa, nem a um determinado setor. Essa abordagem é motivada pela abrangência do fenômeno. O entendimento de que a I4.0 terá impacto nas cadeias de valor é frequente na literatura acadêmica (por exemplo, Kagermann, Wahlster and Helbig, 2013; Hermann, Pentek and Otto, 2015) e em relatórios oficiais e de consultoria (por exemplo, McKinsey & Company, 2015, 2017; European Commission, 2016; BCG, 2018; Deloitte, 2018; Plattform Industrie 4.0, 2019). Essas publicações destacam que, para as empresas se posicionarem com sucesso nesse novo estágio dos sistemas produtivos, elas precisam olhar mais amplamente para o fenômeno, tentando entender ‘onde’, ‘como’ e ‘por quem’ o valor é criado. Teece (2010) afirma que as chances de criar modelos de negócios bem-sucedidos são maiores quando as empresas analisam toda a sua cadeia de valor. No entanto, não foram encontrados guias para realizar essa tarefa. Muitas publicações acadêmicas e profissionais visam

orientar as empresas nesse novo cenário. Por um lado, é possível encontrar estudos sobre modelos de negócios (por exemplo, Rudtsch *et al.*, 2014; Kiel *et al.*, 2016; Montanus, 2016; Pfisterer, Radonjic-Simic and Reichwald, 2016; Plattform Industrie 4.0, 2019) que apresentam os prováveis efeitos da I4.0 no nível da empresa. Do ponto de vista da organização, eles discutem como propor, criar e apropriar valor e apresentar alguns arquétipos de modelos de negócios. Por outro lado, os relatórios sobre os setores são abrangentes no nível da indústria (por exemplo, World Economic Forum e Accenture, 2016, 2017a, 2017b). Eles trazem as principais tecnologias e as necessidades dos clientes para impulsionar as mudanças e destacar novas proposições de valor dentro de alguns setores. Portanto, a abordagem da cadeia ainda carece de um conjunto amplo de estudos empíricos e teóricos.

Quanto ao número de entidades no *framework*, a pesquisadora considerou um maior detalhamento desde o início do projeto, pois a necessidade é evidente na medida em que ele pretende ser um guia para as empresas. Entretanto, no F1 a pesquisadora utilizou um nível mais agregado de itens porque entendeu que não faria sentido detalhá-los antes de expor a ideia central à apreciação de especialistas.

- *Desdobramento A10*: Considerando a relevância e inexistência de uma abordagem mais ampla, apesar das dificuldades inerentes a esse escopo, entende-se que o foco na cadeia de valor é adequado. Esse aspecto foi ressaltado na Introdução deste trabalho.

Ação 11: Analisar se a estrutura captura o resultado essencial de qualquer cadeia de valor: o valor

A Dra. Falk sentiu falta de uma discussão sobre o que é valor, ou seja, o objeto central da cadeia de valor. Essa discussão é feita no capítulo 2.1.1 deste trabalho, mas não foi representada na versão F1 do artefato. Apesar de o enfoque do artefato não ser no objeto (o valor) e sim no seu processo de criação, as colocações da especialista sugeriram que considerações sobre as propostas de valor e a captura de valor devem estar de alguma forma representadas no *framework*. De fato, essas duas entidades existiam no F0 e foram retiradas pela pesquisadora a fim de focar o processo de criação. Entende-se, portanto, que se faz necessária sua reinserção.

- *Desdobramento A11*: Foram incluídas no F2 duas entidades relativas ao conceito de valor: Nova Proposição de Valor, que se refere às novas ofertas surgidas na cadeia com a expectativa de oferecer mais valor para o cliente, e Captura de Valor, que discute a dinâmica da competição pela apropriação do valor entre os atores da cadeia.

Procedimentos

Os procedimentos utilizados para o desenvolvimento do *framework* geraram 17 colocações por parte dos especialistas, todas críticas. Os pesquisadores do Instituto Steinbeis foram responsáveis por 11 apontamentos a esse respeito. Ao todo, seis ações foram tomadas, a saber: ação 12 – avaliar como serão medidas as mudanças; ação 13 – avaliar escopo do estudo de caso; ação 14 – avaliar se foram tomadas as ações para garantir a validade do *framework*; ação 15 – avaliar o método utilizado para definir cada elemento do *framework*; ação 16 – avaliar necessidade de criar um guia de como o *framework* poderá ser operacionalizado pelos usuários; e ação 17 – reavaliar as fontes de criação e avaliação do artefato.

Ação 12: Avaliar como serão medidas as mudanças.

O artefato F1 propõe uma discussão sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor com base nas mudanças percebidas nos componentes de cada elemento. Assim, quando se fala em *fluxos*, por exemplo, discute-se os impactos da tecnologia na intensidade e direção dos fluxos. Essa abordagem, levou a Dra. Falk a questionar como serão medidas as mudanças e se existem indicadores definidos para isso. Tanto na condução do estudo de caso, quanto da utilização do *framework* a mudança é embasada na percepção dos participantes, bem como na análise de dados secundários. Para o estudo de caso a pesquisadora elaborou questões sobre o que mudou no processo de criação de valor, bem como as expectativas de mudanças nos próximos anos.

Quando da utilização do *framework*, devem ser feitas questões para guiar a discussão sobre o que mudará *'to be'* no processo de criação de valor em relação a como ele é no presente *'as is'*. A descrição do estado futuro será construída por meio de percepções de especialistas e profissionais, publicações sobre o tema e analogias com outras cadeias de valor. Como consequência, a visão resultante do exercício não será determinística, mas

servirá como uma orientação para a definição de estratégias relativas à digitalização. Além disso, o processo de construção contribuirá para o alinhamento de diferentes perspectivas, gerando aprendizado.

- *Desdobramento A12*: Foi esclarecido no capítulo 1.1 - Objeto e Problema de Pesquisa, o significado de 'impacto' e no procedimento que será criado sobre o uso do artefato (Apêndice C).

Ação 13. Avaliar escopo do estudo de caso

Quatro questões foram levantadas pelos especialistas do Instituto Steinbeis em relação ao escopo do estudo de caso. A primeira diz respeito ao foco da pesquisa, se está no processo de criação de valor dentro das empresas ou entre empresas. A segunda é como combinar resultados de empresas de diferentes etapas da cadeia. A terceira é sobre que indicador seria utilizado para saber se a empresa participante do estudo aplicou tecnologias da I4.0. A quarta refere-se à influência do local onde o estudo de caso é realizado no resultado da pesquisa.

O primeiro questionamento foi feito em razão de o foco na cadeia de valor ter parecido amplo demais a um dos especialistas. Contudo, conforme explicado na ação 10, o enfoque amplo se justifica devido ao objetivo da pesquisa.

Com relação à combinação dos dados de diferentes empresas, a estrutura utilizada é o próprio *framework*. Como a análise é focada na cadeia, os dados empíricos a pesquisadora decidiu organizá-los e combiná-los de acordo com essa estrutura, objetivando a visão das mudanças no processo de criação de valor como um todo.

Sobre o indicador utilizado para saber o quanto as empresas participantes do estudo aplicaram tecnologias digitais, foram buscadas informações em artigos científicos e reportagens sobre a transformação digital da cadeia de valor da agricultura. Além disso, realizou-se três entrevistas exploratórias com participantes da cadeia para compreender se os elementos buscados estariam presentes.

Por fim, em relação à possibilidade de viés nos resultados em razão do país em que é realizado o estudo de caso, a pesquisadora entende que pode ser minimizado. Apesar de as cadeias de valor serem contextuais (LEPAK;

SMITH; TAYLOR, 2007), desde que os procedimentos da realização do estudo sejam válidos, o processo de abstração e transformação dos dados primários em entidades genéricas do artefato possibilita a utilização do *framework* em qualquer contexto.

- *Desdobramento A13*: As colocações dos especialistas alertaram para o detalhamento das questões acima no item 3.2.1.4 - Estudo de Caso.

Ação 14: Avaliar se foram tomadas as ações para garantir a validade do framework

Quatro questionamentos feitos por dois especialistas do Instituto Steinbeis em relação à garantia da validade do *framework*. Três referem-se a como garantir que o artefato contenha todos os elementos necessários para analisar os impactos da I4.0 na cadeia de valor. A outra questão diz respeito a como o *framework* será testado.

Apesar de todos os cuidados metodológicos tomados na execução da pesquisa, não é possível afirmar que o *framework* tenha todos os elementos necessários para analisar o impacto da de valor. Isto porque a I4.0 é um fenômeno que está ainda em sua 'infância', cujos efeitos exatos só serão conhecidos em uma análise *ex post*. Por esse motivo, e em consonância com o método DSR utilizado nesta pesquisa, prefere-se falar em um instrumento adequado, não ótimo.

Com relação ao teste do *framework*, esta é uma etapa importante e prevista no método da DSR. Chamada avaliação, ela visa identificar se o instrumento desenvolvido performa bem, ou seja, se resolve os problemas identificados.

- *Desdobramento A14*: Tanto no item 1.4 - Delimitação da Pesquisa, quanto no item 5.1 - Limitações da Pesquisa, a pesquisadora esclareceu que o artefato é proposto como um instrumento adequado, não ótimo. Esta abordagem considera a 'racionalidade limitada' e, conseqüentemente a proposta de soluções satisfatórias. (SIMON, 1972). Já o procedimento de avaliação do artefato é explicado no item 3.2.2 - Avaliação do Artefato.

Ação 15: Avaliar o método utilizado para definir cada elemento do framework

Dois pesquisadores apontaram para a necessidade de esclarecimentos em relação a como cada elemento do *framework* foi definido. Esse questionamento foi feito principalmente porque durante as interações com os especialistas, a pesquisadora não apresentou detalhadamente o processo de definição dos elementos a partir da literatura. Ainda assim, dois aspectos devem ser aqui destacados.

O primeiro diz respeito à descrição mais detalhada dos elementos. Apesar de cada elemento ter sido definido na apresentação do *framework*, parece que para alguns especialistas eles não ficaram suficientemente claros. O Dr. Lasi questionou se seria utilizado algum método para definir de forma mais específica cada entidade do *framework*.

- *Desdobramento A15*: A partir dessa colocação foi elaborada a Tabela 15 no item 4.1.2 - Interações com Acadêmicos, que descreve cada componente e sua relação com os impactos da I4.0 na cadeia de valor, que foi atualizada nas versões subsequentes do artefato.

O segundo trata da sugestão do Dr. Otto de considerar teorias tais como Teoria de Processamento de Informação, Teoria de Coordenação e o modelo Homem-Tecnologia-Organização podem contribuir para definir os elementos do *framework*.

A pesquisadora entende que essas abordagens, embora relevantes, não contribuem diretamente para a definição dos elementos do artefato. A seguir os motivos são brevemente explicados.

A Teoria do Processamento de Informação considera a organização como um conjunto processos que capturam e transformam os dados em informação para a realização de objetivos. Quanto maior as incertezas, maior é a necessidade de informações e de capacidade de processamento para a tomada de decisão. (GALBRAITH, 1974). O artigo seminal de Galbraith (1974) explica que as organizações criam mecanismos para reduzir a necessidade de informações e aumentar capacidade de processamento, tais como regras, hierarquia ou metas. Essa teoria enfoca como diferentes estruturas organizacionais podem lidar com a lacuna entre necessidade e capacidade de informação. (TUSHMAN; NADLER, 1978). O foco é, portanto, a organização e não a cadeia. Nesse sentido, entende-se que a Teoria do Processamento de Informação não traz contribuições adicionais ao artefato.

Malone and Crowston (1990) colocam que não existe um corpo de estudos singulares que formem a Teoria da Coordenação. O tema é discutido em diversas áreas e deve ser estudado de forma interdisciplinar. Os autores partem do conceito de coordenação como “[...] o ato de trabalhar em conjunto harmoniosamente”⁵⁹ (MALONE; CROWSTON, 1990, p.3) e apontam os componentes da coordenação, a saber: atores, atividades, metas e interdependências. Não por acaso, dois elementos da cadeia de valor identificados neste trabalho são iguais aos componentes de coordenação, *atores* e *atividades*. Sendo a cadeia de valor o processo por meio do qual o valor é criado, entende-se que a coordenação é, de fato, um conceito fundamental. Os outros dois componentes, metas e interdependências, apesar de não estarem nomeados, também são representados no *framework*. O bloco *proposta de valor* é a meta da cadeia de valor. Já as interdependências são representadas no artefato pelo componente *relacionamentos*, que visam discutir como os atores se relacionam. A pesquisadora não encontrou contribuições adicionais dessa teoria para a melhoria do artefato.

O Modelo Homem-Tecnologia-Organização (MTO *Model*) foi desenvolvido na Suíça em 1993 por E. Ulich (KIRSCH; TROXLER; ULICH, 1995) como uma proposta de realização do *design* organizacional considerando o sistema homem-máquina. Ele surgiu da necessidade de preparar as organizações para lidar com o *Computed Integrated Manufacturing* – CIM. Segundo esse modelo as empresas devem focar na adequação entre pessoas, a tecnologia e a organização e não no desenvolvimento individual desses fatores. Esse enfoque é importante e necessário, mas difere do escopo desta pesquisa no nível de análise e nas dimensões consideradas. No MTO o nível de análise é a organização e as dimensões tratadas são pessoas, tecnologia e estrutura. O enfoque do artefato é mais amplo, pois o nível de análise é a cadeia, e o enfoque é nas atividades, fluxos, atores (incluindo indivíduos) e governança. Nesse sentido, não se encontrou no modelo suporte para a definição dos elementos do *framework*.

Ação 16: Avaliar a necessidade de criar um guia de como o framework poderá ser operacionalizado pelos usuários

⁵⁹ Tradução livre da autora. “[...] *the act of working together harmoniously.*”.

A Dra. Falk ressaltou a importância de deixar claro como o *framework* será operacionalizado. Como um dos princípios da DSR é projetar artefatos viáveis (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015), entendeu-se que a disponibilização de um procedimento claro e conciso sobre a utilização do *framework* é importante.

- *Desdobramento A16*: Com base nessa crítica decidiu-se escrever um procedimento na apresentação da versão do *framework* após a realização do estudo de caso. A primeira versão do procedimento está no APÊNDICE C – Guia de Uso do *Framework*.

Ação 17: Reavaliar as fontes de criação e avaliação do artefato

Tanto a entrevista com os especialistas, quanto o estudo de caso, foram planejados inicialmente pela pesquisadora como formas de avaliação e melhoria do artefato. Os especialistas do Instituto Steinbeis apontaram para a possível fragilidade da criação do *framework* somente a partir da teoria. Apesar de Gregor e Hevner (2013) afirmarem que a criação do artefato se dá por meio da utilização de conhecimentos descritivos e prescritivos existentes, bem como por criatividade do proponente, entende-se que a crítica dos especialistas faz sentido.

Como explicado no item 3.1.1 deste trabalho, a etapa de avaliação do artefato visa identificar se ele performa bem. Após a interação com os especialistas a pesquisadora reconheceu que o *framework* na sua versão F1 seria amplo e genérico para ser avaliado. Assim, a sugestão foi acatada e as etapas de avaliação por especialistas e estudo de caso, inicialmente planejadas para o fim de avaliação, passaram a ter a função de desenvolvimento do artefato.

- *Desdobramento A17*: Os procedimentos de avaliação do *framework* por especialistas e estudo de caso foram redefinidos como etapas de desenvolvimento do artefato, gerando alterações no capítulo 3.2 - Método de Trabalho.

A Tabela 19 mostra resumidamente os desdobramentos da análise da consulta aos especialistas.

Tabela 19 - Desdobramentos da etapa de consulta aos especialistas

Ação	Nº	Descrição do Desdobramento	Onde	Tipo
			Cap. 1.1	
	A1.1	Esclarecer o conceito de Indústria 4.0	Apêndice B	Esclarecimento
1	A1.2	Esclarecer o conceito de cadeia de valor	Apêndice C	
			Cap. 1.1	Esclarecimento
	A1.3	Inclusão de da expressão "fluxos monetários" na definição do elemento <i>fluxos</i> e de exemplos de fluxos nos protocolos de entrevistas do estudo de caso	Cap. 4.1.1 Apêndice B	Esclarecimento
2	A2.1	Esclarecimento da diferença entre 'cadeia de valor' e 'ecossistema de negócios'	Cap. 2.1.2.3	Esclarecimento
	A2.2	Inclusão da explicação sobre a opção pelo termo Indústria 4.0 sobre o uso da expressão transformação digital como sinônimo	Cap. 1	Esclarecimento
3	A3.1	Exclusão do componente 'número' do elemento Atividades	F2	Modificação do Artefato
	A3.2	Exclusão do componente 'tipo' do elemento Atividades e inclusão dos componentes 'conteúdo' e 'grau de automação' no elemento Atividades	F2	Modificação do Artefato
	A3.3	União dos componentes 'contratos' e 'relacionamentos' do elemento Governança e inclusão do componente 'regras' no elemento Governança	F2	Modificação do Artefato
4	A4.1	Inclusão de dois sub-elementos no elemento Fluxos, Fluxos Físicos e Fluxos Não Físicos e exclusão do componente 'tipo' do elemento Governança	F2	Modificação do Artefato
	A4.2	Inclusão do componente 'elenco' no elemento Atores	F2	Modificação do Artefato
5	A5	Inclusão de setas mostrando que os elementos do <i>framework</i> estão relacionados	F2	Modificação do Artefato
6	A6	Esclarecimentos sobre os objetivos do artefato	Cap. 1.1 Cap. 1.3	Esclarecimento
7	A7.1	Esclarecimento sobre as contribuições para a teoria, bem como das fronteiras da pesquisa	Cap. 1.3.1 Cap. 1.4	Esclarecimento
	A7.2	Esclarecimento de que este não é um trabalho descritivo, mas sim prescritivo e que o objetivo do artefato não é não avaliar os resultados da implantação para o negócio ou a cadeia	Cap. 1.4	Esclarecimento
8	A8	Esclarecimento que a divisão dos ganhos em termos globais e os impactos sociais relacionados à Indústria 4.0 não fazem parte do escopo.	Cap. 1.4	Esclarecimento
9	A9	Inclusão de três determinantes contextuais: Empurrados pela tecnologia (technology-push); Puxados pela demanda (demand-pull) e Empurrados ou puxados pela regulamentação (regulatory push/pull)	F2	Modificação do Artefato
10	A10	Esclarecimento sobre o foco na cadeia de valor	Cap. 1	Esclarecimento
11	A11	Inclusão de duas entidades relativas ao conceito de valor: Proposição de Valor (o que é valor para o cliente?) e Captura de Valor (o que é valor para os outros participantes da cadeia).	F2	Modificação do Artefato
12	A12	Esclarecimento sobre como avaliar as mudanças.	Cap. 1.1 Apêndice C	Esclarecimento
13	A13	Esclarecimento do escopo, objetivo, bem como os procedimentos no estudo de caso.	Cap. 3.2.1.4	Esclarecimento
14	A14	Esclarecimento sobre o artefato ser proposto como um instrumento adequado, não ótimo.	Cap. 1.4	
		Esclarecimento sobre o procedimento de avaliação do artefato.	Cap. 5.1 Cap 3.2.2	Esclarecimento
15	A15	Criação de uma tabela para esclarecer como os componentes foram derivados da literatura	Cap. 4.1.2	Esclarecimento
16	A16	Desenvolvimento de um procedimento sobre a utilização do <i>framework</i> , na versão F3.	Apêndice C	Modificação do Artefato
17	A17	Redefinição das atividades de avaliação do <i>framework</i> por especialistas e estudo de caso como etapas de desenvolvimento do artefato	Cap. 3.2	Modificação dos Procedimentos de Pesquisa

Fonte: Elaborada pela autora.

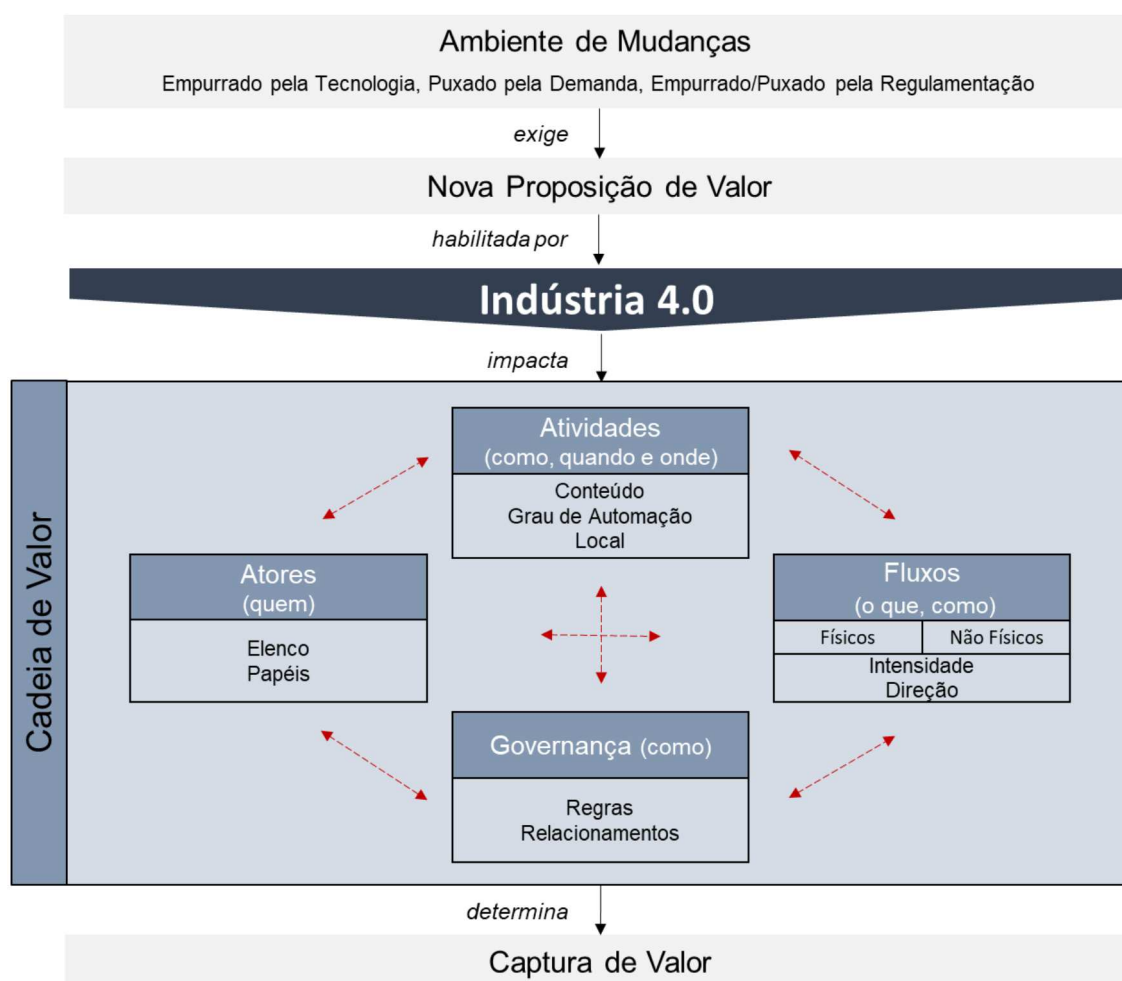
A consulta aos especialistas resultou em 14 esclarecimentos, 9 modificações no artefato e uma alteração no método de trabalho da tese. Isso evidencia a relevância desta etapa não só para o desenvolvimento do *framework*, mas para a pesquisa como um todo. A partir críticas ao F1

realizadas pelos especialistas, uma nova versão do *framework* foi desenvolvida, a F2

4.2.1.2 Versão F2 do Artefato

Ao todo, 9 modificações foram feitas no artefato. A Figura 18 - Versão F2 do artefato mostra o *framework* na sua versão F2.

Figura 18 - Versão F2 do artefato



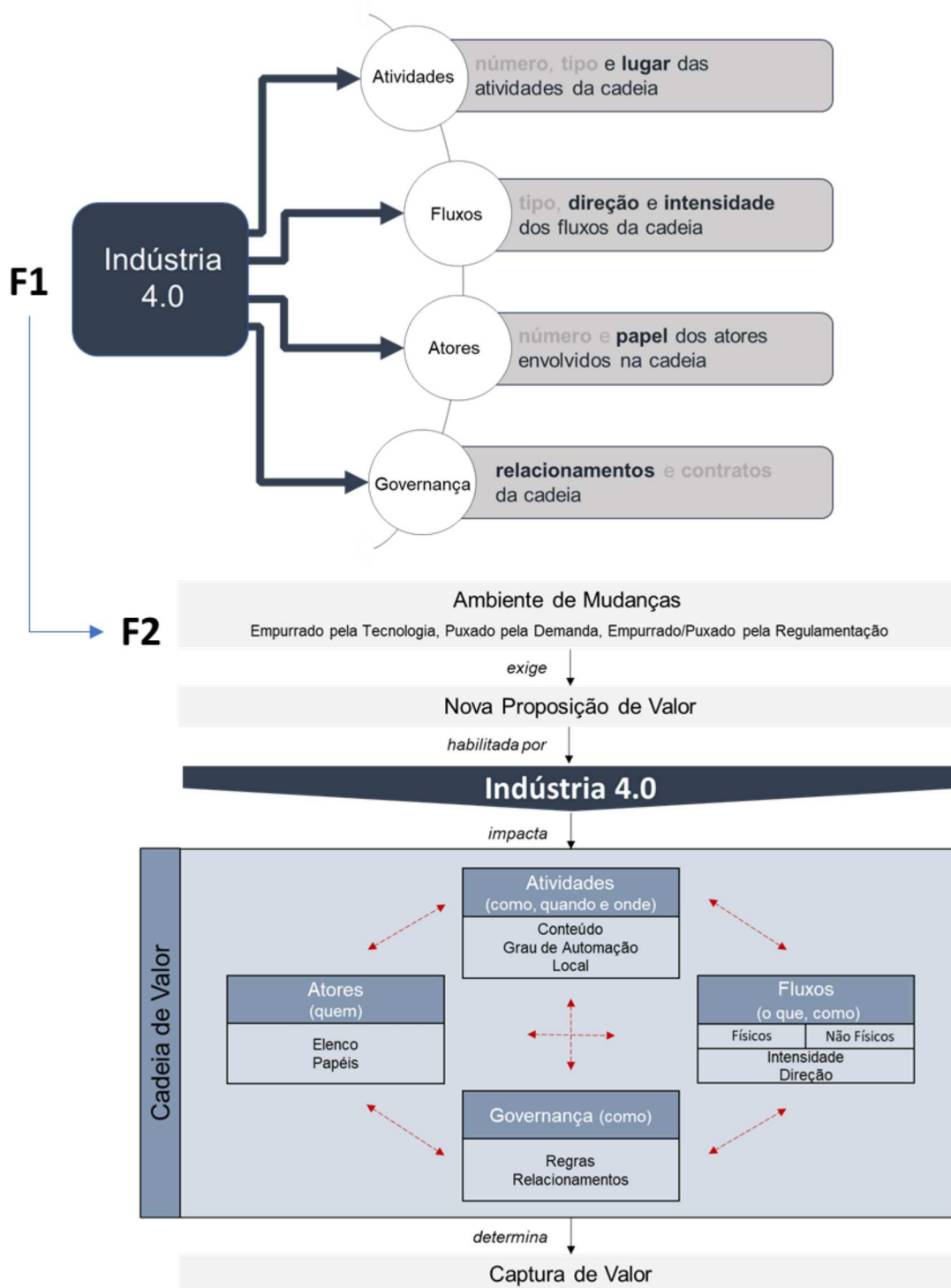
Fonte: Elaborada pela autora.

A nova versão do artefato é composta por cinco blocos de análise: (1) Ambiente de Mudanças; (2) Nova Proposição de Valor; (3) Indústria 4.0; (4) Cadeia de Valor e (5) Captura de valor. A narrativa que sustenta a justificativa para os cinco blocos é explicada a seguir.

A convergência de tecnologias, a mudança nos padrões de demanda e exigências legais estão pressionando as empresas a propor novas soluções

para o cliente. Novas proposições de valor são habilitadas pelas tecnologias e conceitos da I4.0. A aplicação dessas tecnologias e conceitos impacta as atividades, fluxos, atores e governança da cadeia de valor, mudando a forma como o valor é criado, que, por sua vez, determina a captura de valor. A Figura 19 ilustra a evolução da F1 para a F2.

Figura 19 - Evolução do artefato da versão F1 para a F2



Fonte: Elaborada pela autora.

Destacam-se três mudanças importantes. A primeira é a reinserção dos processos de proposição de valor e captura de valor. Esses dois processos faziam parte da versão F0 e foram retirados pela pesquisadora na versão F1, com a proposta de dar um maior enfoque ao processo de criação de valor.

Contudo, nas conversas com os especialistas, ficou claro que esses processos precisam ser discutidos, pois eles contextualizam as mudanças na cadeia. A segunda alteração relevante é a criação de um bloco para discutir o ambiente de mudanças, ou seja, as questões tecnológicas, de demanda e regulamentares que são motivadoras da transformação na cadeia. A terceira diz respeito às entidades da cadeia de valor: foram modificados alguns componentes dos elementos e inseridas as setas, indicando relacionamentos entre eles.

A partir desta versão os ‘componentes’ serão chamados de ‘atributos’, pois o termo ‘componente’ necessitou de explicações adicionais durante as entrevistas. A Tabela 20 foi elaborada com as descrições dos novos atributos. Nessa tabela, ao invés de descrever as funções dos atributos, optou-se por elaborar questões que deixem mais claro o que deve ser discutido.

Tabela 20 - Elementos e atributos do *framework* – F2

Elemento	Atributo	Questão	Relação com impactos da I4.0 citados na literatura
Atividades	Conteúdo	Como a I4.0 impacta o que a atividade realiza?	- Mudança no conteúdo das atividades tradicionais da cadeia
	Grau de Automação	Como a I4.0 impacta o grau de automação das atividades realizadas?	- Atividades sendo executadas sem, ou com pouca interferência humana
	Local	Como a I4.0 impacta onde a atividade é realizada?	- Repatriação das atividades de manufatura - Intensificação da divisão do trabalho internacionalmente
Fluxos	Direção	Como a I4.0 impacta a direção das transferências na cadeia?	- Troca de dados em todos os sentidos
	Intensidade	Como a I4.0 impacta a quantidade e frequência das transferências na cadeia?	- Substituição de fluxos físicos por dados, encurtando a cadeia de valor
Atores	Elenco	Como a I4.0 impacta quem participa da criação de valor?	- Aumento do número de atores - Desintermediação da cadeia de valor
	Papéis	Como a I4.0 impacta o papel exercido pelos atores na cadeia?	- Co-criação - Co-opetição
Governança	Relacionamentos	Como a I4.0 impacta os relacionamentos com os clientes e outros atores da cadeia?	- Relacionamento contínuo com o cliente - Cadeias de valor dinâmicas - Produção em redes - Virtualização da cadeia de valor - Novos tipos de contratos
	Regras	Como a I4.0 impacta as regras para participar na criação de valor?	- Padrões e interfaces interoperáveis

Fonte: Elaborada pela autora.

A versão F2 do *framework* foi a utilizada como base para o estudo de caso, apresentado na próxima seção.

4.2.2 Estudo de Caso na Cadeia de Valor da Agricultura – Versão F3

Esta seção apresenta o estudo de caso realizado para o desenvolvimento do *framework* objeto deste trabalho. A unidade de análise é a cadeia de valor da agricultura. Conforme explicado na Figura 13 do item 3.2.1.4.2 deste trabalho, o estudo de caso enfoca as etapas da produção da fazenda para trás. Primeiramente, apresenta-se uma descrição das empresas participantes do estudo. Depois, a partir da triangulação de informações públicas sobre o tema com os dados coletados por meio das entrevistas, é desenvolvida uma narrativa sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura. Ao final da descrição de cada entidade do artefato, analisa-se sua adequação e as mudanças necessárias. No item 4.2.2.3 são apresentadas proposições a respeito das relações entre os elementos. Finalmente, é apresentada a versão F3 do artefato.

4.2.2.1 Empresas Participantes do Estudo

Cinco empresas participaram do estudo: SLC Agrícola S.A., Deere & Company S.A., Bayer S.A., Yara S.A. e Arpac. As quatro primeiras, além de serem relevantes *players* na cadeia de valor da agricultura, têm capital aberto, possibilitando um acesso mais fácil a informações sobre suas operações. A Arpac é uma *startup*, e, por estar prestando um serviço inovador e ter conseguido aportes de grandes empresas, como a BASF, tem tido destaque na mídia, o que também facilitou o acesso a informações. As descrições a seguir são embasadas predominantemente em dados públicos.

4.2.2.1.1 SLC Agrícola S.A.

Fundada em 1977 no Rio Grande do Sul, em Horizontina, a SLC Agrícola é uma das maiores produtoras agrícolas do Brasil. A empresa faz parte do grupo SLC, que também tem a SLC Máquinas, concessionária John

Deere. Em 2007 a empresa abriu seu capital na Bolsa de Valores de São Paulo, sendo globalmente a primeira do setor a fazer tal movimento. (SLC AGRÍCOLA, 2018). Hoje a SLC empresa administra um total de mais de 450 mil hectares distribuídos em 16 unidades produtivas, localizadas em seis Estados brasileiros. Trabalha com três culturas: algodão, soja e milho. O resumo do negócio da empresa pode ser visto na Figura 20.

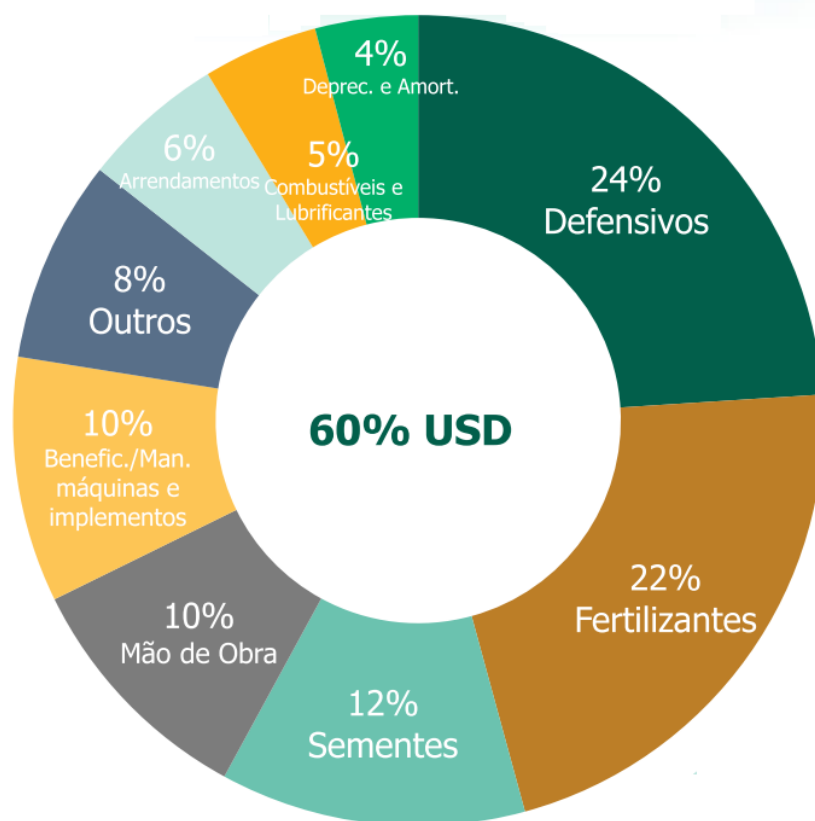
Figura 20 - O negócio da SLC Agrícola



Fonte: SLC Agrícola (2019, p.4).

A companhia comercializa seus produtos por meio de *tradings* ou diretamente. O algodão é destinado principalmente ao mercado externo, para a indústria têxtil. Os grãos de soja e milho são destinados ao mercado interno e externo, para alimentação animal e humana. Por trabalhar com *comodities*, o principal enfoque da empresa é a alta eficiência operacional. Nesse sentido, tem desenvolvido e aplicado, ao longo de sua história, métodos e técnicas que lhe permitiram aumentar significativamente a produtividade e reduzir os custos das fazendas sob sua gestão. (SLC AGRÍCOLA, 2019b). A composição dos custos de produção da empresa é apresentada na Figura 21:

Figura 21 - Composição do custo de produção.



Fonte: SLC Agrícola (2019, p.16).

Os insumos (defensivos, fertilizantes e sementes) representam 58% dos custos de produção. A empresa destaca que 60% do seu custo é em Dólares, por isso o preço desses insumos é altamente correlacionado ao preço dos grãos.

Desde 2005 a empresa vem trabalhando com tecnologias digitais. Destacam-se duas etapas nesse processo. A primeira, de 2005 a 2015 é marcada pela introdução de ferramentas de agricultura de precisão, notadamente georreferenciamento e piloto automático. A segunda, a partir de 2015 destaca-se pelo uso intensivo de tecnologias digitais – computação em nuvem, BDA, entre outros – tanto na operação quanto na gestão. No campo, além das máquinas com tecnologia de telemetria embarcada, a empresa passou a usar aplicativos de gestão de frotas, de operações e agrônômicos, e implementou *tablets* em substituição a apontamentos manuais. Na gestão, a SLC criou na sede em Porto Alegre uma sala de controle de todas as fazendas, chamada Centro Integrado de Agricultura (CIA). Outro avanço importante foi a conectividade. Hoje todas as 16 fazendas e 29 sedes estão conectadas através

de *links* de internet. A empresa também implementou a conectividade nas lavouras, que é onde as operações acontecem, em cinco fazendas. (SLC AGRÍCOLA, 2019a).

4.2.2.1.2 Deere & Company S.A.

A Deere & Company, fundada pelo ferreiro John Deere no ano de 1837, na cidade de Grand Detour, Illinois, EUA, opera com o nome fantasia de John Deere. A empresa tem duas unidades de negócio: *Agricultura e Relva*, que é foco desta pesquisa, e a *Construção e Floresta*. Tem fábricas, escritórios e instalações em mais de 30 países. A sede mundial fica em Moline, Illinois, EUA, a sede da Europa fica em Mannheim, na Alemanha, e a sede da América Latina fica em Indaiatuba, São Paulo. A Deere é a maior empresa fabricante de máquinas e equipamentos agrícolas do mundo. (STATISTA, 2018a).

Desde sua fundação a John Deere produz tecnologia para facilitar os serviços agrícolas. Seu primeiro produto foi um arado, depois outros implementos e máquinas foram desenvolvidos. Ao longo de sua história a empresa foi focada em produtos de qualidade que visam alta confiabilidade no uso. Os principais produtos da John Deere são tratores, plantadeiras e colheitadeiras. (JOHN DEERE, [s.d.]). Essas máquinas são projetadas e fabricadas pela empresa e a comercialização é realizada predominantemente por uma rede de concessionários exclusivos – os grandes clientes são atendidos diretamente pela Deere. Os concessionários exercem as funções de vendas dos equipamentos, vendas de peças e prestação de serviços de manutenção das máquinas. (JOHN DEERE, [s.d.]).

Hoje, para além do *hardware*, a companhia oferece soluções completas, envolvendo equipamentos, *softwares* e serviços. A estratégia atual é assim declarada: “Ajudar nossos clientes a se tornarem os produtores mais lucrativos e sustentáveis”. (JOHN DEERE, 2019, p.16).

Enxergando a possibilidade de comoditização da máquina, e, conseqüentemente, o acirramento da competição, a John Deere começou a investir nas tecnologias digitais para agregar serviços aos seus produtos. Pode-se dizer que essa mudança de estratégia se deu gradativamente. (GUSTAFSON, 2014). Primeiro, a empresa investiu em melhores recursos no

produto – georreferenciamento, computador de bordo, controle visual da operação e piloto automático. Essas tecnologias, apesar de agregarem valor, podem ser copiadas pelos competidores, o que significa que não constituem um diferencial competitivo sustentável. (CARPENTER, 2017). Então, a empresa passou a investir em tecnologias que aumentam a disponibilidade e produtividade das máquinas no campo – monitoramento das máquinas e manutenção preditiva. Essas ofertas são embasadas em serviços e, portanto, mais difíceis de serem reproduzidas, ainda assim, estão muito focadas na máquina. Com isso, a empresa passou a investir em tecnologias que viabilizam soluções mais completas para o agricultor, desde o planejamento agrícola até a execução dos serviços e análise para alimentar o próximo ciclo. Nesta etapa, a John Deere abriu sua plataforma para desenvolvedores de soluções, por meio de APIs⁶⁰. (JOHN DEERE, 2016b). As soluções podem combinar dados de diversas fontes com os dados coletados pelas máquinas, possibilitando uma infinidade de informações que são usadas pelo produtor para tomar melhores decisões. As máquinas em questão podem, inclusive, não ser John Deere. (JOHN DEERE, 2018a).

A trajetória da empresa deixa clara a mudança do enfoque no equipamento para o enfoque nas necessidades do produtor. De produtora de máquinas para viabilizadora de um ecossistema de soluções, a John Deere passa a ser uma parceira ao longo de todo o processo de criação de valor do seu cliente.

4.2.2.1.3 Bayer S.A.

A Bayer foi fundada em 1863 na cidade Barmen, Alemanha. Atua nas áreas de saúde humana, saúde animal e agricultura. A divisão de agricultura, chamada Bayer Crop Science, é responsável pelo desenvolvimento e fabricação de defensivos agrícolas (herbicidas, fungicidas e inseticidas), sementes, e pelo desenvolvimento de soluções de agricultura digital. A empresa comercializa seus produtos através de distribuidores. Em 2018 a

⁶⁰ API é a sigla para *Application Programming Interface*, em português, Interface de Programação de Aplicativos. Consiste num “conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de *software* ou plataforma baseado na Web”. (CANALTECH, [s.d.]).

empresa concluiu a compra da Monsanto, que a tornou líder no mercado de agroquímicos. (BAYER, 2018). A divisão tem três pilares em sua estratégia: inovação, sustentabilidade e transformação digital. (BAYER, 2018).

Como uma divisão que nasceu na indústria química, a Bayer Crop Science tem como principais produtos soluções de agroquímicos e de sementes tratadas. Como insumos – sementes, defensivos e fertilizantes – constituem grande parte do custo da produção agrícola, há uma pressão econômica para a redução da quantidade aplicada e o uso mais eficaz desses produtos. (EMBRAPA, 2018). As novas tecnologias que estão surgindo tanto pelo lado dos produtores de máquinas agrícolas – como aplicação por taxa variável, e aplicação com reconhecimento da planta doente por AI – quanto dos novos entrantes – por exemplo *startups* com serviços agronômicos embasados em dados e aplicação de defensivos localizada – estão permitindo a redução dos insumos. (GALERA, 2019; SLC AGRÍCOLA, 2018). Nesse sentido, as empresas na cadeia que tradicionalmente fornecem esses produtos estão buscando o desenvolvimento de soluções que possam garantir sua sustentabilidade no médio e longo prazo.

Na Bayer as soluções digitais são parte dessa estratégia. A companhia iniciou sua jornada nessa área sob a marca *xarvio*TM em 2017. (BAYER, 2017). A *xarvio*TM passou a reunir tanto as soluções relacionadas a gerenciamento de campo, com imagens de satélite, quanto a atividade de *scouting*⁶¹. Contudo, com a compra da Monsanto, que já tinha sua própria solução digital, o *Climate Fieldview*TM, a Bayer foi obrigada a desinvestir parte de seus ativos, e, nesse processo, vendeu a *xarvio*TM para a BASF. A partir de então o *Climate Fieldview*TM passou a ser a plataforma de soluções digitais da Bayer. Adicionalmente, a empresa anunciou em outubro de 2019 mais dois produtos digitais para apoiar o produtor no ciclo agrícola: o *Impulso* e a *Orbia*. O *Impulso* é um programa de relacionamento no qual o agricultor ganha pontos com a aquisição de produtos e serviços Bayer e pode trocar por vantagens. A *Orbia* é uma empresa formada em parceria com a *Bravium*, que consiste em um

⁶¹*Scouting* é o processo de avaliação do desempenho das culturas visando identificar a necessidade de aplicação de medidas corretivas no campo (em razão de doenças, deficiências nutricionais, pragas, ervas daninhas nas áreas cultivadas). O *scouting* é realizado por meio da passagem pelo campo e de paradas para observações. (FARMS.COM, 2019).

*marketplace*⁶² para produtos e serviços na cadeia de valor do agronegócio, tanto insumos, como as *commodities*. (BAYER, 2019). Ambas iniciativas foram lançadas apenas no Brasil, mas serão expandidas para outros países.

4.2.2.1.4 Yara S.A.

A Yara foi fundada em 1905 na Noruega com o nome de Norsk Hydro. A empresa foi a primeira produtora de fertilizantes de nitrogênio no mundo. Hoje, produz diversos fertilizantes sintéticos, com instalações em seis continentes, operações em mais de 60 países – e vendas para cerca de 160 países (YARA, 2018), sendo a segunda maior empresa do setor em *market share* global. (STATISTA, 2018b). Embora a Yara produza também substâncias para setores industriais, os fertilizantes representam mais de 70% das suas vendas, sendo o foco do negócio. Os fertilizantes são comercializados através de distribuidores. Sua estratégia, definida em 2018, é ser “[...] a companhia de nutrição de culturas para o futuro”⁶³. (YARA, 2018, p.13).

A Yara tem três prioridades estratégicas: avançar em excelência operacional, criar soluções escaláveis e impulsionar crescimento inovativo. A digitalização é colocada como um meio importante para alcançar esses objetivos. (YARA, 2018). Na primeira página do relatório anual para os acionistas de 2018 está a seguinte declaração:

Para cumprir esses compromissos, assumimos a liderança no desenvolvimento de ferramentas agrícolas digitais para agricultura de precisão e trabalhamos em estreita colaboração com parceiros em toda a cadeia de valor de alimentos para desenvolver soluções de nutrição de culturas mais favoráveis ao clima⁶⁴. (YARA, 2018, p.1).

A relevância dada ao tema nesse relatório mostra que a companhia está determinada a usar tecnologias digitais para melhorar sua eficiência operacional e para promover novas fontes de receita. Essa visão está de acordo com os benefícios da I4.0 discutidos na literatura. (BINKHUYSEN;

⁶² O termo *marketplace* é usado atualmente para definir mercados *on-line*, nos quais o proprietário se posiciona como um intermediário entre o vendedor e o comprador para facilitar a transação. (KESTENBAUM, 2017). Tradução livre da autora.

⁶³ Tradução livre da autora. “[...] *the Crop Nutrition Company for the Future*”.

⁶⁴ Tradução livre da autora. “*To meet these commitments, we have taken the lead in developing digital farming tools for precision farming and work closely with partners throughout the whole food value chain to develop more climate-friendly crop nutrition solutions*”.

GRAAF, 2018; DALENOGARE et al., 2018; OZTEMEL; GURSEV, 2018; SNIDERMAN; MAHTO; COTTELEER, 2016; WANG et al., 2017). Uma análise dos relatórios anuais para investidores dos últimos anos revela que a empresa já trabalha há alguns anos com soluções de agricultura de precisão. A partir de 2015 a Yara passou a adotar progressivamente a expressão agricultura digital.

As principais soluções de agricultura digital oferecidas pela empresa são o Atfarm, uma ferramenta de criação de mapas para aplicação de fertilizantes e o YaraLix, ferramenta para identificar a quantidade exata de nutriente que a planta precisa, funciona com o celular ou com um dispositivo para estágios mais avançados da planta. A empresa adquiriu recentemente três empresas que oferecem soluções digitais: em 2016 a AgroOffice (AGRO-OFFICE, [s.d.]); em 2017 a ATC (com o *software* AdaptN) (YARA, 2017); e em 2018 a Trecker. (TRECKER, [s.d.]).

4.2.2.1.5 Arpac

A Arpac foi fundada em 2016 em Porto Alegre com o objetivo de pulverizar lavouras com drones. A *startup* recebeu um investimento anjo em 2016 e foi uma das vencedoras do programa AgroStart da BASF, recebendo apoio e mentoria da empresa desde então. Ao todo a Arpac já teve quatro rodadas de investimento 'semente', totalizando cerca de dois milhões e meio de reais. (FONSECA, 2019). Seu principal mercado hoje é a cana de açúcar.

A *startup* presta três tipos de serviços. O central é de pulverização localizada de químicos em lavouras. Nele, a relação da empresa é direta com o agricultor (B2C). A Arpac desenvolveu um *software* que recebe o mapa que indica pontos específicos da lavoura onde há infestação e traça uma rota de voo para que o drone pulverize. O equipamento faz o voo de forma autônoma e abre e fecha os bicos de aplicação de acordo com a programação do *software*. O objetivo da aplicação é atingir somente a área infestada, de forma que há uma economia de insumo em relação aos outros métodos de pulverização de defensivos. O serviço surge como um complemento aos métodos tradicionais – aplicação por avião ou trator – pois estes pulverizam em áreas muito maiores. (MERCADO FUTURO, 2019).

As outras duas soluções são oferecidas para empresas que prestam serviços para o produtor (B2B). A primeira é a distribuição de defensivos biológicos nas lavouras. Nela a Arpac é contratada pela empresa que desenvolve os defensivos. A segunda consiste num serviço de imagens, no qual o drone captura imagens da lavoura. Nesse caso, quem contrata a Arpac é uma empresa que faz processamento das imagens e reconhecimento de pragas por meio de AI.

Atualmente, o mercado da *startup* é de nicho, pois o drone faz aplicação localizada em pequenas áreas e em áreas onde nem o avião, nem o trator conseguem atender. Enquanto o drone pode carregar cerca de 20 quilos de produto, um trator ou avião carregam 600 quilos. (MCINTOSH, 2019; MERCADO FUTURO, 2019). Nesse sentido, a empresa não compete com os métodos tradicionais de aplicação. Contudo, é importante compreender que a pulverização de toda a área é hoje feita porque, até então, não era possível identificar o local da infestação com precisão, nem existiam equipamentos capazes de fazer a aplicação localizada. A aplicação por drones é mais segura, porque a aeronave não é tripulada, não gera amassamento⁶⁵ da lavoura nem compactação do solo⁶⁶, o que acontece com a aplicação por trator, e possibilita a economia de insumos químicos. (CLAVER, 2019a; KING, 2017; MCINTOSH, 2019).

Apresentadas as empresas, é importante ressaltar que a análise é feita olhando para a cadeia e não para cada um dos participantes do estudo. Assim, os dados coletados são usados para, a partir do *framework*, versão F2, desenvolver uma narrativa sobre os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura.

4.2.2.2 Impactos da I4.0 na Cadeia de Valor da Agricultura

A agricultura é considerada uma indústria a céu aberto, envolvendo entradas, sistemas de transformação e saídas. As condições de produção são complexas por dois motivos principais: o processo lida com organismos vivos,

⁶⁵ Amassamento na agricultura refere-se ao esmagamento das plantas causado pelas rodas das máquinas e equipamentos, reduzindo a produtividade da lavoura.

⁶⁶ “[...] característica do solo que apresenta pouca ou nenhuma permeabilidade a líquidos, normalmente em consequência de manejo e utilização inadequados.”.(ORMOND, 2006, p.79).

cujo comportamento depende de muitas variáveis, e está sujeito ao clima, que por mais que possa hoje ser previsto com melhor acuracidade, não pode ser controlado. (BRAUN; COLANGELO; STECKEL, 2018; LEZOCHÉ *et al.*, 2020). O trabalho do agricultor é tomar decisões sobre ‘o que’ plantar, ‘onde’ plantar, ‘quando’ plantar, ‘como’ controlar ervas daninhas, pestes e fungos e ‘quando’ colher. Todas essas decisões são relacionadas, determinando os custos do processo e impactando os resultados de produtividade.

O ciclo típico da atividade pode ser descrito por planejamento agrícola, preparação do solo, plantio, acompanhamento da lavoura e colheita. Ao longo deste ciclo o produtor realiza transações com outros atores da cadeia que fornecem insumos, máquinas e serviços.

Os custos da produção agrícola variam de acordo com uma série de fatores, tais como tecnologia, tipo de cultura, sistema de cultivo, entre outros. (CONAB, 2010). Os principais insumos – sementes, fertilizantes e defensivos – representam um importante percentual dos custos de produção. Os custos relativos às máquinas e equipamentos – manutenção, combustível e depreciação – também são relevantes, apesar de menores do que os de insumos. O movimento de concentração das indústrias de insumos e máquinas agrícolas vem acontecendo por décadas, reduzindo as opções para o produtor e impondo aumentos relativos em seus custos de produção. (PHAM; STACK, 2018).

Em relação aos resultados, o produtor agrícola depende tanto da produtividade, quanto dos preços das *commodities*. (WOLFERT *et al.*, 2017). A produtividade é perseguida pelo bom planejamento e execução das atividades, mas sujeita ao clima. Sobre o preço de venda o agricultor não tem controle. As negociações das *commodities* agrícolas hoje são concentradas em poucos *players* mundiais. Juntas, a ADM, Bunge, Cargill e Louis Dreyfus *Company* controlam cerca de 70% do mercado mundial. (SANTOS; GLASS, 2018).

4.2.2.2.1 Ambiente de Mudanças

O ambiente de mudanças refere-se ao contexto da aplicação das tecnologias digitais. Ele é composto por fatores que estimulam a cadeia a

mudar. Podem ser ‘puxados’ pela demanda, ‘puxados/empurrados’ pela regulamentação e ‘empurrados’ pela tecnologia.

Quando o cliente ou consumidor de uma cadeia precisa e busca uma solução dos seus fornecedores, considera-se que a mudança é ‘puxada’ pela demanda. Nas entrevistas, diversos trechos apontaram para a necessidade do cliente como o motivo para a transformação da cadeia. Eles dizem respeito a três aspectos: econômico, demográfico e socioambiental.

O aspecto econômico pode ser compreendido pela breve descrição da atividade da agricultura feita no início capítulo. Ela mostra que o produtor sofre uma grande pressão à montante e à jusante da cadeia, fazendo com que ele busque métodos e técnicas que o auxiliem no processo sob sua gestão. (PHAM; STACK, 2018; WOLFERT *et al.*, 2017). O aumento da eficiência torna-se imperativo para a garantia da competitividade. Nesse sentido, ainda que o agricultor não peça a tecnologia diretamente, ele mostra que precisa de soluções que o ajudem a reduzir os custos e aumentar a produtividade. O Gerente de Marketing da John Deere explicou que:

[...] às vezes o agricultor está reclamando que ele quer uma máquina maior, mais rápida, mais potente, mas nós temos que ler que, na verdade, o que ele quer é colher mais.

O Coordenador de Agricultura Digital da SLC Agrícola, falou que a empresa decidiu, a partir de 2016, não embasar seu crescimento em aumento de área plantada, e sim na melhoria de eficiência das existentes. Ele explicou que:

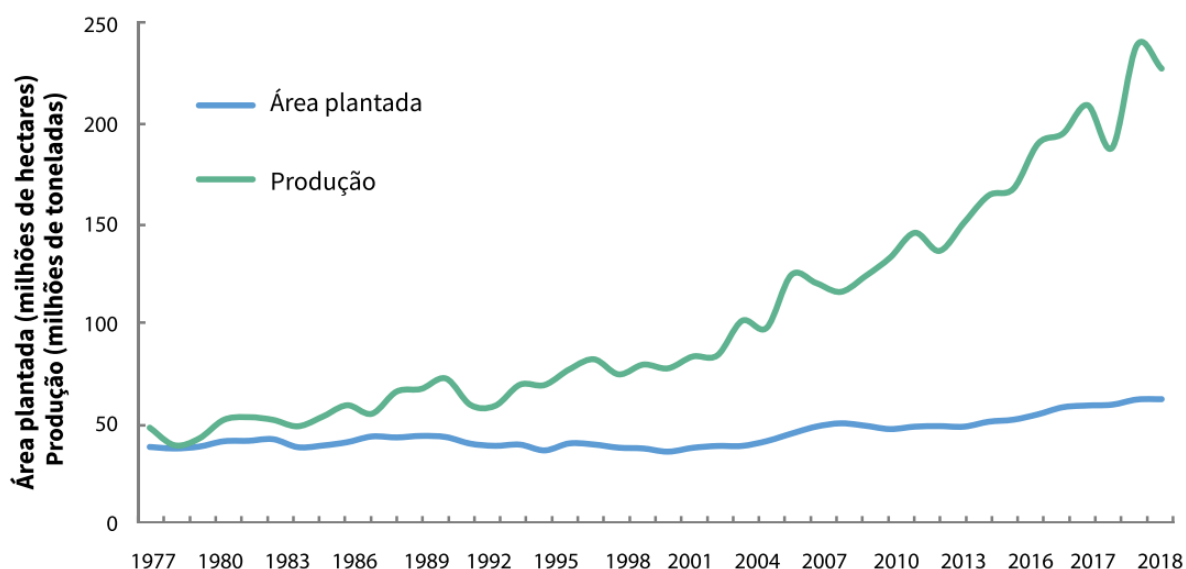
[...] essa decisão gerou desdobramentos, e o primeiro desdobramento foi: vamos produzir mais com menor custo, e como é que a gente faz isso? Utilizando tecnologia.

O Gerente de Inovação e Novos Negócios da Yara colocou que:

[a tecnologia] está sendo cada vez mais requisitada, o agrônomo está vendo valor em ter a assistência da tecnologia para os seus processos, porque ele entende que reduzindo o custo dele de operação ele tem um retorno maior.

O Consultor de Agronegócios salientou que no Brasil o movimento dos produtores agrícolas por mais tecnologia para aumentar a produtividade vem desde 2010, o que, segundo ele, pode ser observado comparando o aumento de área plantada e aumento de produção. O Gráfico 2 mostra essa relação.

Gráfico 2 - Crescimento de área plantada e de produção de grãos no Brasil



Fonte: EMBRAPA (2018).

Observa-se que, de fato, houve um aumento significativo de produtividade na agricultura brasileira. No período de 1977 a 2018⁶⁷ as culturas de trigo e milho tiveram um aumento de rendimento médio de 240%, arroz de 315% e soja e feijão perto de 100%. (EMBRAPA, 2018). A Embrapa afirma que a tecnologia foi o fator que mais influenciou esse avanço. Assim, entende-se a demanda do agricultor brasileiro por mais tecnologia para continuar melhorando sua eficiência.

Muitos entrevistados ressaltaram que um outro fator que tem 'puxado' os investimentos em tecnologia é a mudança da geração que administra a fazenda. Segundo eles já se percebe que gestores mais jovens estão buscando alternativas ao modo tradicional de se gerenciar a produção agrícola. O Gerente de Marketing da John Deere comentou que:

[...] os produtores agrícolas são outros, as gerações novas assumem, elas estão vindo com bagagem do exterior, com bagagem

⁶⁷ Projeção.

de muito estudo, com bagagem de conectividade, conexão, estão on-line, então a gente precisa acompanhar isso.

Na mesma linha, o CEO da Orbia contou que em uma recente pesquisa realizada pela Bayer ficou clara a troca geracional nas fazendas brasileiras. O CEO da Arpac exemplificou esse fato contando que a empresa foi contratada para fazer o serviço de pulverização com drone em uma propriedade. Ele contou que depois do serviço prestado, o profissional, de 25 anos, responsável pela contratação dizia que seu pai havia ficado muito satisfeito com o resultado do trabalho. Apesar da percepção dos entrevistados de que novas gerações estão assumindo as fazendas, é importante salientar que mundialmente esse movimento não é significativo. (BOYCE, 2019; COGO, 2018; PAVLA HOSNEDLOVÁ, 2018). Ainda assim, entende-se que a mudança geracional se constitui em um fator importante do ambiente de mudanças.

Para além da pressão econômica e demográfica existe ainda a pressão socioambiental sobre a atividade. A degradação de solos, poluição de rios, desmatamento, o uso de produtos que prejudicam a saúde humana e animal, têm sido reclamações cada vez mais relevantes na sociedade. (FAO, 2018; MIRANDA *et al.*, 2019). O Líder da Bayer *Crop Science* no Brasil afirmou:

[...] o futuro está na agricultura sustentável, e para você chegar em uma agricultura sustentável o digital é uma ferramenta fundamental [...].

Ele exemplificou falando das tecnologias de aplicação de defensivos apenas nas áreas doentes, o que é melhor para o meio ambiente e mais econômico para o produtor. Na mesma direção, o Gerente de Engenharia de Agricultura de Precisão da John Deere afirmou que:

[...] a agricultura hoje, com as tecnologias de precisão, está considerando o meio-ambiente muito mais do que considerou no passado”.

Adicionalmente, alguns entrevistados citaram uma tendência de um consumo mais consciente por parte do consumidor, o que exige operações responsáveis e transparência na cadeia. O Coordenador de Agricultura Digital da SLC salientou que as mudanças nos hábitos alimentares (dietas vegetarianas e

veganas, por exemplo) podem representar uma ameaça à agricultura como é hoje. Esse aspecto aparece na literatura. (JERRATSCH *et al.*, 2018).

Em resposta às reivindicações da sociedade, os governos deverão criar regulamentações cada vez mais restritivas à atividade. (BEECHAM RESEARCH, 2016; FAO, 2018; JERRATSCH *et al.*, 2018; MCKINSEY & COMPANY, 2019). Isso aponta para a busca de soluções que reduzam o impacto ambiental. Apesar de relevante e bastante discutida na mídia, a regulamentação apareceu apenas duas vezes, em uma das entrevistas, como um fator determinante para a transformação digital. O Líder da Bayer explicou que está cada vez mais difícil registrar produtos, uma vez que os governos estão exigindo princípios menos tóxicos na sua formulação. Pode-se esperar um crescimento das restrições às atividades da cadeia, incentivando o investimento em tecnologias digitais. Isto porque o impacto ambiental da agricultura, juntamente com a pecuária, tem sido bastante divulgado na mídia: o setor é hoje o segundo maior emissor de gás de efeito estufa (GHG), o maior consumidor de água, e tem usado cada vez mais fertilizantes e defensivos. (DW, 2019; MCKINSEY & COMPANY, 2019; WANZA, 2018). Adicionalmente, com a previsão de crescimento da demanda por alimentos, em razão do aumento populacional, as preocupações em relação à segurança alimentar devem aumentar as exigências da regulamentação. (FAO, 2018).

Parte importante das mudanças acontecem ‘empurradas’ pela tecnologia. Ao longo da história da agricultura, a introdução de tecnologias melhorou de forma significativa a produtividade no campo. Não existe uma única visão das revoluções ocorridas na agricultura, mas alguns autores citam avanços ocorridos no século XX que fizeram a produtividade agrícola crescer de forma significativa. (CEMA, 2017; COHEN, 2019; MIRANDA *et al.*, 2019; PHAM; STACK, 2018). O primeiro foi a introdução de máquinas na lavoura, no início do século, substituindo a força animal. O segundo foi a chamada “revolução verde”, que aconteceu por volta dos anos cinquenta, envolvendo novas tecnologias de manipulação de sementes, fertilização do solo e proteção de culturas. Por fim, a utilização da agricultura de precisão, que começou a tomar forma no final da década de 90 e baseia-se “[...] na observação, medição e resposta à variabilidade inter e intra-campo nas culturas ou a aspectos da

criação de animais”⁶⁸. (EUROPEAN PARLIAMENT, 2014, p.9). A FAO aponta que “a produção agrícola mais que triplicou entre 1960 e 2015 [...]”⁶⁹. (FAO, 2018, p.24). Boa parte desses avanços foi impulsionado pela introdução de tecnologias desenvolvidas pelos elos de máquinas e insumos químicos e produtores de sementes. Na transformação digital da cadeia de valor da agricultura o papel desses atores mostra-se novamente relevante, segundo o Diretor de Tecnologia da SLC Agrícola. Motivados pela disrupção ocorrida em outras cadeias em razão das tecnologias digitais, os grandes *players* se movimentam para não perderem sua relevância no processo de criação de valor. Os entrevistados citaram a concorrência com atores tradicionais da cadeia e com os novos entrantes como um fator que incentiva a transformação. Por um lado, a democratização das tecnologias – menor custo, maior potência e facilidade de acesso – permite a entrada de *startups*, ofertando novos produtos e serviços. Só no Brasil, em 2019 foi levantada a existência de mais de mil *agtechs*. (DIAS; JARDIM; SAKUDA, 2019). Por outro, o caráter genérico das tecnologias digitais⁷⁰ pode fazer com que grandes organizações de outras cadeias se interessem pela agricultura. Isso gera uma ‘corrida’ tecnológica que ‘empurra’ a transformação da cadeia. Evidenciando esse aspecto, o CEO da Arpac colocou que, na sua visão, os agricultores estão tendo dificuldades de assimilar tantas tecnologias. Segundo ele:

[os produtores agrícolas] vão às feiras e não veem nada de produto. É muito raro ter uma feira agrícola e tu veres alguém falando do produto, os ‘caras’ estão falando na feira é de tecnologia, e eu acho que eles [os agricultores] ficam meio apavorados.

De fato, o executivo da Orbia disse que hoje a digitalização da agricultura é muito baixa, e que é necessário muito trabalho para mudar essa situação. Isso é mais uma evidência de que parte das mudanças são

⁶⁸ Tradução livre da autora. “[...] based upon observing, measuring and responding to inter and intra-field variability in crops, or to aspects of animal rearing”.

⁶⁹ Tradução livre da autora. “Agricultural production more than tripled between 1960 and 2015 [...]”.

⁷⁰ Chiarello *et al.* (2018) classificam muitas tecnologias da I4.0 como de propósito geral, que podem ser usadas em qualquer área de negócios. Bresnahan e Trajtenberg (1995) definem como tecnologias de propósito geral aquelas que atuam como facilitadoras de muitas soluções finais.

'empurradas' pela tecnologia. O ambiente de mudanças da cadeia de valor da agricultura pode ser resumido no Quadro 2.

Quadro 2 - Ambiente de mudanças da cadeia de valor da agricultura

Ambiente de Mudanças
<p>Puxado pela Demanda</p> <ul style="list-style-type: none"> - aumento da eficiência do agricultor é imperativo para a garantia da competitividade - nova geração assumindo as fazendas, exigindo tecnologias e desafiando antigas formas de fazer negócios - crescimento populacional - pressão da população para uma agricultura sustentável e responsável - consumo consciente de alimentos
<p>Puxado/Empurrado pela Regulamentação</p> <ul style="list-style-type: none"> - regulamentação mais restritiva em resposta às reivindicações da sociedade por uma agricultura mais responsável - preocupação dos governos com a segurança alimentar
<p>Empurrado pela Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> - grandes empresas fornecedoras de máquinas e de insumos e sementes desenvolvem tecnologia e levam para a cadeia. - a democratização das tecnologias - menor custo, maior potência e facilidade de acesso permite a entrada de <i>agtechs</i> com novas soluções.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao serem questionados sobre que fatores estão direcionando as mudanças na agricultura, os entrevistados construíram narrativas que se encaixam nos três fatores pontuados por Rennings (2000) ('puxado' pela demanda, 'puxado/empurrado' pela regulamentação e 'empurrado' pela tecnologia). As publicações sobre o tema confirmam as colocações dos participantes do estudo. Não foram encontrados direcionadores que não pudessem ser classificados dessa forma. Assim, pode-se afirmar que, no caso estudado, os elementos definidos no *framework* F2 para descrever o ambiente de mudanças são adequados e suficientes.

4.2.2.2 Nova Proposição de Valor

O ambiente de mudanças faz surgir novas proposições de valor na cadeia da agricultura. No estudo de caso foram identificados três tipos de

novas propostas: plataformas para o auxílio nas decisões do agricultor, *marketplaces* e soluções específicas, envolvendo maior automação e personalização da produção agrícola.

A literatura sobre a I4.0 coloca a personalização de produtos e serviços como um novo valor a ser oferecido ao cliente. (ANDERSON, 2006; BRETTEL *et al.*, 2014; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). Na agricultura, a personalização significa possibilitar que cada agricultor tenha soluções configuradas para e por ele. A forma encontrada pelos atores da cadeia para isso são as plataformas. Diversas empresas estão trabalhando em plataformas, tentando se posicionar como o parceiro preferencial do produtor.

As fabricantes de máquinas, cujo negócio girava em torno de desenvolver soluções de *hardware* para ao agricultor, começam a oferecer soluções integradas, envolvendo *hardware*, *software* e serviços. O foco está se voltando para trabalhar com os dados, transformando-os em informações para melhorar a tomada de decisões durante a realização das operações no campo. Um dos entrevistados da John Deere descreveu assim a mudança:

Há talvez dez anos, o nosso agricultor queria que a gente trouxesse um escritório para dentro da cabine [do trator]. [...] Agora ele quer levar a máquina para dentro do escritório, porque ele quer interagir com a máquina.

O profissional se refere a disponibilizar para a gestão, em tempo real, os dados coletados pela máquina agrícola para serem analisados e servirem de base para a tomada de decisão. Um gestor da mesma companhia explicou que antes havia um foco no desenvolvimento de equipamentos cada vez melhores, maiores e robustos que dessem boas condições para que o agricultor realizasse o seu trabalho. Agora a prioridade passa a ser desenvolver produtos e serviços que ajudem o produtor a ser mais eficiente. Nas suas palavras:

[...] a aquisição [da máquina] é apenas o primeiro passo da cadeia, porque ao longo do ciclo de vida do equipamento nós vamos trabalhar com o cliente para fazer a manutenção dessa máquina, para utilizar esse equipamento, para entender como a produtividade dele pode ser maior, tem que trabalhar com treinamento para a equipe dele...

Os gestores salientaram em diversos momentos que o produto deixa de ser o fim e passa a ser um meio, e acrescentaram que não é por meio do ‘ferro’ que a John Deere conseguirá propor valor, mas sim através da tecnologia. Eles entendem que a máquina está virando uma *commodity* e que se a empresa quiser se diferenciar deverá propor soluções mais amplas. O Gerente de Marketing e Planejamento de Produtos Agricultura de Precisão da companhia colocou que ela está mudando seu posicionamento de fornecedor de máquinas para um fornecedor de soluções por meio de um relacionamento contínuo com o cliente. Com essa mudança de perspectiva, para poder fornecer uma solução integrada ao longo do ciclo de plantio do produtor, é preciso considerar, inclusive, máquinas de concorrentes. Isto porque é comum que o agricultor trabalhe com equipamentos de diferentes fornecedores. Por isso, além da ampla gama de máquinas e equipamentos com tecnologia embarcada, a John Deere possui sistemas acopláveis a máquinas de outros fabricantes. Para agregar todos os produtos e serviços, a empresa criou a plataforma ‘Centro de Operações’, que viabiliza a oferta de serviços da John Deere, como manutenção preditiva, por exemplo, bem como serviços complementares de diversas outras empresas, tais como previsão do tempo ou gestão agrônômica. (JOHN DEERE, 2018a). Além da John Deere, pelo menos outras duas grandes empresas do setor de máquinas agrícolas, AGCO – com o Fuse – e CNH – com o *Advanced Farming Systems*TM – têm suas plataformas para análise de dados e fornecem soluções integradas para o agricultor. (PHAM; STACK, 2018).

As fornecedoras de insumos químicos e sementes, por sua vez, que sempre foram muito focadas em desenvolver a melhor variedade e o princípio ativo mais potente, estão cada vez mais ampliando seu portfólio com a proposição de soluções que envolvem *softwares* e serviços. Na apresentação das empresas participantes deste estudo, falou-se brevemente sobre essa abordagem.

A Bayer está investindo fortemente em duas soluções, o Climate FieldviewTM, sua plataforma de decisões agrônômicas, e a Orbia, o *marketplace* que pretende envolver todas as transações existentes no agronegócio. O Líder da Bayer Crop Science no Brasil salienta a mudança na proposição de valor:

[...] antigamente você tinha a Bayer, ela produzia os seus produtos e vendia para o mercado. E esse era o nosso negócio, então era muito simples. Se for pensar de uma maneira simplista você pesquisa, desenvolve, registra, vende, e morreu o assunto. O mundo está muito mais complexo hoje se você seguir esse modelo você está morto [...] porque não é mais pesquisar, desenvolver, registrar e vender. Você tem que ver o todo [...]. Você não vai ser mais a empresa Bayer vendedora de produto, você vai ser a empresa Bayer que vai se conectar com 'x' outras empresas para estar oferecendo soluções para o produtor via seus canais, tendo acesso ao mercado.

Os entrevistados da empresa reforçaram a mudança do enfoque da venda do produto para o enfoque de parceria ao longo de todo o ciclo do produtor. A Bayer não venderá mais sementes e defensivos, ela oferecerá um menu de soluções envolvendo produtos e serviços, e o agricultor poderá escolher as ferramentas que melhor atendem à sua necessidade. O CEO da Orbia explicou esse papel:

Então no nosso caso ideal [...] a gente pode estar presente na jornada inteira do produtor. Então ele compra o produto no marketplace e por comprar produto ele ganha ponto, ele troca esse ponto para contratar um serviço para melhorar a produção dele. Uma vez que ele produziu, ele pode vender a produção para uma trade e essa venda vira crédito no marketplace de insumo para a próxima safra e assim por diante.

No caso da Orbia, o executivo ressaltou que a solução é para toda a cadeia e não apenas para o agricultor. Segundo ele, hoje a empresa tem no seu cadastro mais de 140 mil produtores rurais, que juntos representam cerca de 65% do território nacional. Isso representa uma grande oportunidade para fabricantes, distribuidores e prestadores de serviços, sejam eles grandes ou pequenos. O papel da Orbia é articular a rede, dando opções e um ambiente amigável e seguro para que todas as transações do agronegócio, incluindo insumos, serviços, *commodities*, fidelidade e crédito, ocorram de forma segura e fácil.

A Yara tem feito movimentos para oferecer uma nova proposição de valor na cadeia. Como mostrado na apresentação da empresa, ela já possui há alguns anos produtos digitais para avaliação da nutrição do solo, e tem ampliado o portfólio para fornecer soluções mais completas para o produtor. Um dos entrevistados da empresa colocou que:

Estamos expandindo para tecnologias como, por exemplo, previsão de tempo, coisas que permitem dar insights para nosso usuário [...] além do que ele precisa para o solo dele. São insights de como ele deve operar sua fazenda, que recursos que ele terá disponíveis e assim por diante.

Em abril de 2019, a empresa anunciou uma parceria com a IBM para o desenvolvimento de uma plataforma de fazenda digital que proporcionará um conjunto variado de serviços ao agricultor (YARA, 2019). No final de janeiro de 2020 as empresas divulgaram que estão criando uma plataforma aberta para a troca de dados na agricultura, a *Open Farm & Field Data Exchange*. (YARA, 2020). Ainda não foram informados os detalhes dessa operação.

Esse movimento pode ser visto nas grandes empresas fornecedoras de insumos. A BASF lançou em 2016 o Maglis™, uma plataforma com informações para auxiliar o produtor na tomada de decisão. (BASF, 2016). Com o desinvestimento da área digital desenvolvida até então na Bayer, em razão da compra da Monsanto, a BASF assumiu em 2018 a xarvio™. A Syngenta comprou em 2018 a Strider, uma *startup* brasileira, cujo *software* possibilita o mapeamento georreferenciado de pragas e doenças na lavoura, e possui também a AgriEdge Excelsior. A DowDupont tem a Granular, Encirca e AcreValue. (MOORE, 2019).

Além das participantes tradicionais da cadeia de valor da agricultura, tanto *agtechs* como grandes corporações de outros setores têm entrado na cadeia com novas proposições de valor, que até então não existiam ou eram incipientes. São soluções variadas, relacionadas à captura e processamento de dados para auxiliar no processo produtivo e na gestão da fazenda. (ACCENTURE, 2017; EMMY KOELEMAN, 2018; IBM, 2018). Automação do cultivo, ou de parte dele, utilizando robôs e inteligência artificial é um exemplo (CLAVER, 2019b; DORSCH, 2016; PIVOTO et al., 2018; SIMON, 2017). A utilização de drones é outro. A Arpac, *agtech* entrevistada nesta pesquisa, tem como proposta de valor central fazer a pulverização de defensivos com drones em locais específicos, permitindo a redução dos custos. O drone utiliza mapas de pragas embasados em dados e um *software* de navegação que programa o voo e o veículo voa e aplica automaticamente defensivos nos locais planejados. Como já mencionado, o serviço passa a ser uma opção

complementar aos métodos tradicionais de pulverização, viabilizando o atendimento de áreas complexas (como morros e locais próximos a redes elétricas) e a racionalização do uso de insumos.

As novas proposições de valor identificadas na cadeia impactam todo o ciclo de produção do agricultor. O *Boston Consulting Group* (BCG) exemplificou essas mudanças, conforme apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Dados estão transformando a maneira como os produtores operam

Ciclo	Planejamento	Considerações sobre os insumos	Pré-plantio	Plantio	Avaliação e tratamento das culturas	Colheita e pós-colheita
Tipo de Decisão	Fontes de informação agronômica	Decisões sobre sementes, proteção de culturas e compra, volume e momento de aplicação de fertilizantes	Decisões sobre o canal de compra, incluindo condições de preço e pagamento e prazo	Decisões sobre o momento do plantio e a aplicação de proteção de culturas e fertilizantes	Decisões sobre a necessidade contínua de proteção de culturas e fertilizantes, dependendo do desempenho das culturas	Decisões sobre pedidos de sementes para a próxima temporada
Hoje	<ul style="list-style-type: none"> Desempenho do ano anterior Informações de um consultor confiável, como um representante de vendas, que tem acesso a dados de outra forma inacessíveis 	<ul style="list-style-type: none"> Experiência do produtor Informações de um consultor confiável Informações sobre o produto do fornecedor 	<ul style="list-style-type: none"> Relacionamento de longo prazo com um distribuidor local Negociação limitada de preço e condições de pagamento 	<ul style="list-style-type: none"> Experiência e informações públicas do produtor, como previsão do tempo a curto prazo Conselho de um consultor confiável 	<ul style="list-style-type: none"> Experiência do produtor, inspeção visual Conselho de um consultor de confiança, como um representante de vendas 	<ul style="list-style-type: none"> Discussão com um consultor de confiança sobre estratégia e possíveis mudanças Negociação com um distribuidor confiável
No futuro	<ul style="list-style-type: none"> Transparência total dos dados via pesquisa na Internet, aplicativos e plataformas de agricultura digital e outras fontes "Advanced Analytics" 	<ul style="list-style-type: none"> Tomada de decisão habilitada por dados Transparência total dos dados por meio de aplicativos e plataformas de agricultura digital e provedores de dados de terceiros 	<ul style="list-style-type: none"> Comparação <i>online</i> de mercados Maior poder de negociação do produtor Maior participação nas vendas diretas 	<ul style="list-style-type: none"> Tomada de decisão ativada por dados, com base na coleta de dados em tempo real Execução automatizada de tarefas da fazenda 	<ul style="list-style-type: none"> Tomada de decisão habilitada por dados usando algoritmos, compartilhamento de melhores práticas por meio de aplicativos e plataformas de agricultura digital 	<ul style="list-style-type: none"> Tomada de decisão via dados, incluindo recomendações de compra diretamente dos fornecedores

Fonte: Traduzida e adaptada de Jerratsch *et al.* (2018, p.4).

Hoje os processos decisórios de todas as fases são muito embasados em experiência e dependentes de recomendações de consultores externos. No futuro o agricultor decidirá com base nos dados, com a ajuda de algoritmos. (WOLFERT *et al.*, 2017). O Quadro 3 resume as novas proposições de valor da cadeia de valor da agricultura.

Quadro 3 - Novas proposições de valor da cadeia de valor da agricultura

Novas Proposições de Valor
Plataformas para auxílio das decisões do agricultor <ul style="list-style-type: none"> - decisões agronômicas - gerenciamento de frota - gestão da eficiência
<i>Marketplaces</i> <ul style="list-style-type: none"> - de insumos - de fidelidade - de <i>commodities</i> - de crédito
Soluções específicas <ul style="list-style-type: none"> - máquinas com capacidade de decisão - utilização de robôs e drones para diversos serviços

Fonte: Elaborado pela autora.

No estudo de caso, a discussão das novas proposições de valor se mostrou importante para compreender os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura.

4.2.2.2.3 Indústria 4.0

A I4.0 aplicada à agricultura tem sido chamada mundialmente de *farming 4.0*, *digital farming*, *smart farming*, *agriculture 4.0*, entre outros. (BRAUN; COLANGELO; STECKEL, 2018; CEMA, 2017; COHEN, 2019). Tanto publicações acadêmicas, quanto comerciais, afirmam que essas tecnologias transformarão a agricultura, tanto ou mais que as outras revoluções pelas quais a atividade passou ao longo do tempo. (BEECHAM RESEARCH, 2016; COHEN, 2019; PHAM; STACK, 2018; SHEPHERD *et al.*, 2018; THUL; ALTHERR, 2018). Espera-se ganhos significativos de produtividade e eficiência nessa nova fase. Em entrevista à revista Exame, o Presidente da SLC Agrícola, afirmou que a utilização de dados para a tomada de decisão “[...] permite um ganho de 5% a 10% de produtividade e uma redução de custos gerais de 3% a 5%”. (COHEN, 2019).

A agricultura 4.0 pode ser considerada uma continuação ou intensificação da agricultura de precisão, mas Shepherd *et al.* (2018) colocam que ela é melhor caracterizada pela expressão ‘agricultura de decisão’. A

Associação Europeia de Máquinas Agrícolas (CEMA, 2017) prefere o termo fazenda digital, e diz que ela é um passo além da agricultura de precisão, porque inclui a conectividade e sistemas de produção embasados em conhecimento. Como o próprio nome sugere, a agricultura de precisão tem como objetivo tratar de forma precisa a lavoura, isso significa aplicar os insumos certos, no local, momento e do jeito certo. Para tanto, a gestão da fazenda evolui da abordagem do talhão para abordar individualmente cada planta, como mostra a Figura 22.

Figura 22 - Individualização do cultivo – do talhão para a planta



Fonte: Adaptado de John Deere (2019, p.17).

O Gerente de Engenharia de Agricultura de Precisão da John Deere explicou que:

A gente fazia agricultura em uma fazenda, agora [...], graças à tecnologia, essa precisão vai diminuindo de centenas de hectares para um hectare, e cada vez para um grid menor, onde a gente vai partir de uma macroagricultura para praticamente ter o controle e o entendimento sobre cada planta que a gente está tendo no campo.

Partir do talhão para a planta é uma trajetória que só pode ser alcançada com o uso de um conjunto de tecnologias digitais, que viabilizam a coleta, transmissão, processamento e aplicação de dados. Assim, pode-se afirmar que a Agricultura 4.0 é um paradigma direcionado por dados. (JERRATSCH *et al.*,

2018; PHAM; STACK, 2018; WOLFERT *et al.*, 2017). Nas 17 entrevistas realizadas no estudo de caso, 11 tecnologias foram mencionadas. A Tabela 22 mostra em quantas entrevistas cada uma delas foi citada.

Tabela 22 - Tecnologias da I4.0 citadas nas entrevistas

Tecnologia	n
AI	13
BDA	12
CC	8
IoT	7
Veículos Autônomos	6
Drones	5
Sensores	5
Robótica	2
Blockchain	1
Realidade Aumentada	1
RFID	1

Fonte: Elaborada pela autora.

As duas mais citadas, AI e BDA, são, frequentemente, apontadas em revistas comerciais (ver por exemplo Adam, 2016; Emmy Koeleman, 2018; Vooren, 2019. A CC, IoT, Veículos Autônomos, Drones e Sensores têm sido bastante debatidos nos textos sobre agricultura 4.0. (CLAVER, 2019a; ROBERTS, 2016). A Robótica não apareceu em muitas entrevistas, mas é uma tecnologia que vem aumentando sua relevância na cadeia. (WINICK, 2018). O *Blockchain*, apesar de ter sido citado, não é parte das soluções apresentadas pelas empresas participantes do estudo. O RFID é uma tecnologia mais madura, tendo sido citado pela SLC Agrícola. A Realidade Aumentada aparece na literatura mais relacionada à melhoria dos processos internos das organizações (ver por exemplo John Deere, 2016b).

As tecnologias mencionadas pelos entrevistados estão presentes em diversos textos que tratam da digitalização da agricultura. (BEECHAM RESEARCH, 2016; LEZOCHÉ *et al.*, 2020; SHEPHERD *et al.*, 2018). Apesar de o conjunto de tecnologias mencionadas ser menor do que as identificadas por Klingenberg *et al.* (2019), há coerência com as mais relevantes identificadas naquele estudo. Embora os entrevistados não tenham mencionado o CPS, alguns artigos utilizam o termo na área da agricultura. (BRAUN; COLANGELO; STECKEL, 2018; LEZOCHÉ *et al.*, 2020; WOLFERT

et al., 2017). Na verdade, o CPS é um conjunto de sistemas, que envolve tanto tecnologias de captura, transmissão e processamento de dados, quanto de aplicação de dados. (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES, 2019). Assim, um exemplo de CPS pode ser visto nos Centros de Suporte à Operações dos concessionários da John Deere. Lá é possível visualizar em tempo real todos os tratores conectados, e, se necessário, acessá-los e fazer alguma intervenção. O Quadro 4 mostra um resumo da visão da I4.0 na agricultura.

Quadro 4 - A Indústria 4.0 no contexto da agricultura

Indústria 4.0
<p>Conceitos</p> <ul style="list-style-type: none"> - agricultura de precisão - do talhão para a planta - agricultura de decisão - decisões do ciclo do produtor direcionada por dados - integração dos diversos tipos de dados (clima, solo, produtividade, pragas) <p>Tecnologias</p> <ul style="list-style-type: none"> - AI - BDA - CC - Veículos Autônomos - IoT

Fonte: Elaborado pela autora.

A entidade Indústria 4.0 do *framework* é adequada porque é através dela que se discute a aplicação do conceito na agricultura. Nesse momento pode apontar algumas tecnologias que sejam especificamente relevantes para determinada cadeia. Drone, por exemplo, é importante nessa parte da cadeia de valor da agricultura, enquanto não é tão evidenciado em algumas indústrias, tais como a de confecção (ver por exemplo Bruno, 2016).

A análise do ambiente de mudanças, das novas proposições de valor e da I4.0 aplicada à agricultura preparam a discussão que vem a seguir: a dos impactos no processo de criação de valor. Os próximos itens discutem as transformações em curso e esperadas, em cada um dos elementos da cadeia: *atividades, fluxos, atores e governança*.

4.2.2.2.4 Atividades

O primeiro elemento da cadeia de valor a ser discutido refere-se às *atividades*. Porter e Heppelmann (2015) sugerem os impactos do produto inteligente e conectado nas atividades – P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços – internas das companhias, resumidos na Tabela 4 do capítulo 2.3.2 deste trabalho. O F2 propõe a discussão de três atributos: ‘conteúdo’, ‘grau de automação’ e ‘local’ onde a atividade é realizada. Buscou-se compreender junto às empresas participantes do estudo, como essas atividades são impactadas pela I4.0. Aqui, entretanto, como o enfoque é a cadeia, avalia-se o impacto nas atividades sem olhar para cada empresa em particular.

a. P&D

Na cadeia de valor da agricultura os principais investimentos em P&D são feitos pelos elos de fornecimento de máquinas e insumos e por instituições públicas. (PARDEY *et al.*, 2016). A maioria dos agricultores não realiza pesquisa, sendo dependentes das inovações de produto de seus fornecedores. Grandes produtores agrícolas podem ter essa atividade. A SLC, por exemplo, tem 100 hectares dedicados à pesquisa de variedades de culturas.

A atividade de P&D nessa cadeia, assim como em outras, se caracteriza por altos investimentos e ciclos longos. A John Deere investiu em 2018 cerca de 1,6 bilhões de dólares em P&D. (STATISTA, 2019). De acordo com o Gerente de Marketing da empresa, o tempo para o desenvolvimento e lançamento de uma nova máquina é de cerca de cinco anos. Já a Bayer Crop Science investiu em 2018 2,3 bilhões de Euros em P&D, e pretende investir 25 bilhões de Euros nos próximos 10 anos. (REUTERS, 2019). Segundo o Líder da divisão no Brasil, o tempo de desenvolvimento de um produto de biotecnologia ou defensivos pode chegar a 10 anos. Além de envolver grandes somas, a atividade é controlada por diversos órgãos, em razão de segurança alimentar e questões ambientais.

Com relação ao conteúdo, foi possível observar as mudanças importantes na atividade de P&D na cadeia de valor da agricultura. Diversos entrevistados afirmaram que os produtos e serviços têm cada vez mais funcionalidades digitais. Isso significa que inovações, atualizações ou mesmo correções passam a ser mais embasadas no *software* do que no *hardware*. As

empresas à montante da cadeia pesquisadas neste estudo relataram um direcionamento cada vez maior para disciplinas relacionadas às ciências dos dados. Um dos gestores da John Deere colocou a mudança de conteúdo nas seguintes palavras:

[...] o modelo antigo de fazer P&D em ferro não faz mais sentido. Claro que vai precisar da máquina, mas hoje ela virou o veículo de entregar a solução, antes o ferro era a solução.

Isso envolve, deixar de focar somente no produto e desenvolver soluções de produto/serviço.

A mudança do conteúdo da atividade de P&D implica em alterações no grau de automação da atividade. O processo de desenvolvimento de *software* é mais dinâmico, desafiando os métodos tradicionais existentes. Os entrevistados da John Deere relataram que a atividade passa a ser mais ágil, possibilitando lançamentos de produtos ainda em desenvolvimento (o conceito de MVP - *Minimum Viable Product*). Os produtos e serviços sensorizados e conectados capturam e transmitem – desde que autorizado pelo agricultor – os dados sobre seu funcionamento, retroalimentando a pesquisa e o desenvolvimento. Se no processo tradicional as informações do cliente chegam aos desenvolvedores por meio de pesquisas de satisfação ou de reclamações, com as tecnologias digitais são os dados de uso do produto que alimentam o processo. Além de uma maior quantidade de dados, potencialmente de todos os usuários, também há maior variedade (imagens, movimentos, toques, entre outros), possibilitando *insights* antes inimagináveis. O Gerente de Engenharia de Agricultura de Precisão da John Deere explicou que com a análise de dados de uma grande quantidade de tratores conectados, é possível identificar correlações entre eventos e compreender os problemas mais facilmente, modificando o produto de forma mais rápida e robusta. O Gerente de Marketing e Planejamento de Produtos Agricultura de Precisão da mesma empresa comentou, inclusive, que enquanto o planejamento de máquinas já está definido para até 2030, o de tecnologia é feito anualmente, sendo fortemente embasado em experimentos. Isso se deve à dinamicidade das tecnologias em questão. Assim, a atividade de P&D muda, tornando-se mais iterativa, ao invés de calcada num processo sequencial.

O processo de P&D na Bayer também sofreu mudanças em razão das tecnologias digitais. Segundo o Líder da divisão de *Crop Science* no Brasil, há algum tempo já se usa inteligência artificial para a escolha das melhores variedades e melhores híbridos. Em um artigo publicado em abril de 2019, o então *Chief Information Officer* e Chefe de Transformação Digital da Bayer Crop Science explicou a mudança.

Costumávamos plantar todas as sementes no solo para testar seu desempenho e determinar, por exemplo, quais condições favorecem um tipo específico de semente. Esse foi um processo necessário, mas com uso intenso de recursos. Agora podemos simular muitos desses testes com a AI e tomar decisões mais inteligentes e rápidas como resultado⁷¹. (SWANSON, 2019).

No que tange ao local de realização da atividade de P&D, o que está mudando é que as *agtechs* têm surgido como uma alternativa ou um complemento aos P&Ds das grandes empresas dentro da cadeia de valor da agricultura. Todas as companhias entrevistadas têm relações com *startups*, buscando auxiliá-las nos processos de desenvolvimento com mentorias, e ao mesmo tempo, identificar potenciais oportunidades ou ameaças aos seus negócios. O Gerente de Marketing e Planejamento de Produtos Agricultura de Precisão da John Deere explicou que a empresa participa do *hub* de inovação do agronegócio *Agtech Garage* para minimizar o risco de seus investimentos em pesquisa. É uma forma de falhar rápido e pequeno. A SLC Agrícola lançou neste ano o programa Agro Exponencial, que consiste numa conexão com *startups* para a busca de desafios da empresa. Os entrevistados colocaram que é uma forma de se desenvolver soluções para além das fronteiras da organização.

b. Produção

Pode-se dizer que o conceito de I4.0 nasceu ligado à produção. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; LASI *et al.*, 2014). Na cadeia de valor da agricultura essa atividade é bastante variada, uma vez que envolve, à montante da fazenda, produção de máquinas e de químicos e, na fazenda, a produção de grãos e fibras, entre outros produtos agrícolas. Por esse motivo,

⁷¹ Tradução livre da autora. “We used to plant every single seed in the ground to test its performance and determine, say, which conditions favor a particular type of seed. This was a necessary but resource-intensive process. We can now simulate a lot of that testing with AI and make smarter, faster decisions as a result.”

analisar essa atividade sem olhar para as firmas é mais difícil, mas importante para que se possa pensar na transformação da cadeia.

Com relação ao conteúdo, pode-se dizer que o principal impacto das tecnologias digitais está em focar, além da produção do produto, a produção de informações. Na visita realizada pela pesquisadora a uma das fábricas da John Deere, foi explicado que cada etapa do processo produtivo tem a função de transformar o produto e de gerar dados. Na SLC Agrícola não é diferente. Os entrevistados contaram que as tecnologias permitem produzir dados em todas as fases da safra. Agora a empresa está buscando conectar todas as lavouras para que o acesso a esses dados e a análise sejam facilitados.

A digitalização da produção e as máquinas conectadas mudam o grau de automação da atividade. Mudanças tanto no Planejamento e Controle da Produção (PCP), quanto na execução foram evidenciadas. Em relação ao PCP, o monitoramento passa a ser contínuo e as ações podem ser tomadas de forma imediata. O Coordenador de Agricultura Digital da SLC Agrícola explicou que é possível monitorar tanto o desempenho das pessoas nas suas atividades, quanto o desempenho das máquinas. Para exemplificar ele contou que antes do uso das tecnologias a aplicação de defensivos era muito maior. Isso porque, a identificação de pragas durante a produção era deficiente. Os encarregados faziam apontamentos no campo em uma planilha em papel e depois passavam para um sistema no escritório da fazenda. Não se sabia ao certo por onde o profissional havia passado para fazer a avaliação. O que acontecia é que quase sempre se aplicava toda a quantidade planejada. Hoje, o roteiro para a verificação de incidências é colocado em um GPS e o profissional segue o roteiro com um *tablet*, fazendo todos os apontamentos digitalmente. Além de a informação ser mais precisa para que depois se aplique o defensivo de forma localizada, reduziu-se o retrabalho (de digitação dos dados) e permitiu o monitoramento da atividade. Agora é possível aplicar os insumos químicos apenas onde há problemas, reduzindo a quantidade de produto usado.

No que tange à execução, o uso de máquinas, robôs, drones, veículos autônomos para automatizar algumas atividades é bastante discutido na cadeia. (MCINTOSH, 2019; SCHUELLER; DEMMEL, 2018; WINICK, 2018). Os tratores autônomos, por exemplo, são apresentados há algum tempo nas feiras

agrícolas. Segundo os entrevistados da John Deere eles ainda não são comerciais mais por uma questão de regulamentação do que tecnológica. O serviço de pulverização por drones da Arpac é outro exemplo de automação. Os mapas de aplicação de defensivos são carregados pelo técnico da empresa no *software* de operação, e o produto é acoplado ao drone, a partir daí é tudo automático: o veículo decola, voa, aplica no local indicado e volta para a base. A SLC Agrícola está trabalhando junto com uma *startup* para a automação do monitoramento de pragas. Isso significa que no futuro robôs poderão fazer os apontamentos no campo. Na Yara, a planta de fertilizantes de Rio Grande/RS implementou recentemente tecnologias avançadas, automatizando processos desde a chegada do navio com matéria-prima, até a expedição do produto. Esse projeto envolveu descarga, armazenamento, mistura, ensacamento e carregamento. Além da automatização de tarefas físicas, os entrevistados esperam, num futuro próximo, uma maior automação de atividades decisórias relativas à produção. A Blue River, por exemplo, empresa de pulverização inteligente adquirida pela John Deere, pode ‘ver’, identificar as plantas com problemas usando AI e aplicar localmente os defensivos. (MARR, 2019).

Em relação ao local da atividade, o que ficou evidente na cadeia de valor da agricultura é o impacto no local do controle da produção, que agora pode ser distribuído. O Coordenador de Agricultura Digital da SLC explicou que:

[...] o especialista daqui de Porto Alegre consegue ver online a qualquer momento a mesma informação [que os operadores] e pode apoiá-los a tomar a decisão [...].

Além disso, as tecnologias digitais podem levar ao crescimento das chamadas fazendas verticais, que são localizadas próximas ao local de consumo. (GUIDI, 2017). Nesse caso há um impacto no local de produção. Essa mudança não foi destacada nas entrevistas, talvez pelo escopo limitado das culturas que podem ser produzidas nesse tipo de fazenda. Ainda assim, é um impacto a ser considerado.

c. Logística

A logística diz respeito às atividades de suprimentos e de distribuição. Envolve as funções de gestão de estoques, armazenagem e transportes. Na cadeia de valor da agricultura é possível visualizar alguns impactos nessa área.

Com relação ao conteúdo, foi destacada a movimentação das informações juntamente com os bens. Apesar de essa já ser uma preocupação da área há anos, ela passa a ficar ainda mais relevante no contexto da I4.0. As TICs permitem transparência e conectividade, melhorando a performance da atividade. O Líder da Bayer Crop Science do Brasil contou que a empresa tem o *Smart Center*, que permite o acompanhamento *online* de todos os caminhões. O Gerente de Suprimentos da John Deere explicou que todos os pedidos e Notas Fiscais são emitidos por meio do *Electronic Data Interchange* – EDI e que há rastreabilidade de caminhões e otimização de frota. Nesse sentido, o maior impacto da I4.0 está associado à possibilidade de automação das tarefas, ou seja, na forma de realizar a atividade.

No que diz respeito ao grau de automação da logística na cadeia de valor da agricultura, dois aspectos foram identificados: i) a possibilidade de uso de veículos autônomos e ii) a automação da tomada de decisão sobre estoques e transportes. (SHEPHERD *et al.*, 2018; SOOSAY; KANNUSAMY, 2018). O potencial uso de caminhões autônomos na movimentação dos insumos e produto, poderá trazer ganhos significativos à atividade logística. Um artigo da Consultoria McKinsey & Company estima que os custos de transportem reduziram cerca de 45% com o caminhão totalmente autônomo. (CHOTTANI *et al.*, 2018). Contudo, os entrevistados não detalharam tanto esse aspecto porque acreditam que esse impacto está num futuro mais distante.

Com relação à automação da tomada de decisão de transportes, um exemplo foi dado por um dos entrevistados. O Gerente de Engenharia de Agricultura de Precisão da John Deere citou as melhorias no transporte da cana durante a colheita:

[...] as máquinas se conversam, existem algoritmos dentro das máquinas colhedoras de cana que quando ela chega a 70% da capacidade do seu graneleiro, da cesta onde a cana está caindo dentro, ela já avisa que está com 70% de capacidade e manda vir outro trator. E as máquinas se comunicam através de rádio, machine to machine, o operador só tem que dizer 'sim estou indo', para que o outro não entre na fila, mas tudo isso se dá de forma automática, então a operação não para mais, é uma operação de fato contínua.

Outra evidência de impactos da I4.0 na forma como a atividade logística é realizada pode ser encontrada na Bayer. O Líder da divisão Crop Science do

Brasil afirmou que na empresa algumas decisões de carregamento e roteamento de cargas já são feitas por meio de AI.

Com relação ao local das atividades logísticas, dois impactos foram identificados. O primeiro diz respeito à possibilidade de monitoramento de qualquer lugar. Algumas empresas participantes do estudo relataram que têm a visualização dos processos logísticos *online*. O segundo está relacionado à localização da base de suprimentos. O aumento de tecnologia embarcada nos produtos exige uma base de suprimentos qualificada e com competências em tecnologia. O Gerente de Suprimentos da John Deere explicou que em razão de as tecnologias dos produtos serem cada vez mais avançadas, existem componentes que a rede de fornecedores de um determinado país não tem capacidade de desenvolver, tornando a logística mais distribuída e complexa.

d. M&V

A cadeia de valor da agricultura transaciona produtos – tais como máquinas, sementes, defensivos, fertilizantes, grãos – e serviços – tais como manutenção dos equipamentos, serviços relacionados a análises de solo e recomendações agronômicas.

O conteúdo da atividade de M&V é impactado pela I4.0 de duas formas. A primeira diz respeito ao objeto de venda. Quando analisam os impactos nessa atividade, Porter e Heppelmann (2015) salientam um foco maior no sistema ao redor do produto, envolvendo serviços, e o relacionamento contínuo com o cliente. Essas mudanças foram identificadas na cadeia estudada. Tradicionalmente, a atividade de M&V das empresas fornecedoras do agricultor é focada em produto. Isso significa que os serviços são vistos como um meio de vender os produtos. Observou-se que a transformação digital está gerando a migração do foco para serviços. Essa mudança já foi discutida na seção deste capítulo que trata das novas proposições de valor. O Gerente de Vendas da John Deere, por exemplo, ressaltou que a empresa quer sair da venda transacional para uma venda estratégica, que envolva um relacionamento mais próximo com o cliente. O Gerente de Soluções Integradas de um concessionário da marca salientou o aumento da relevância dos serviços pós-vendas no processo de venda. Segundo ele o serviço vende mais que o produto. Isto porque as máquinas só têm problemas quando estão sendo utilizadas, e como as janelas das operações agrícolas são curtas, um serviço

adequado de manutenção da frota é muito importante. Assim como os fabricantes de máquinas, os fornecedores de insumos estão investindo na venda de serviços, seja se posicionando como provedoras de soluções de gerenciamento de fazendas ou como *marketplaces*. Em ambos os casos os bens – máquinas, sementes, defensivos – passam a ser um meio para que as empresas estabeleçam uma relação contínua com o produtor, que se dá através da prestação de serviços. Assim, os produtos passam a ser um meio para vender os serviços.

A segunda mudança diz respeito à atividade de M&V usar a tecnologia não só para atender a necessidade do cliente, como também para melhorar a experiência do usuário. O Gerente de Marketing da John Deere contou que a empresa utiliza óculos de realidade virtual nas feiras para que os produtores possam ‘experimentar’ a operação dos produtos. Já a SLC Agrícola criou um aplicativo para que o cliente possa acompanhar tudo que aconteceu na colheita, no beneficiamento até a entrega final. Segundo o Coordenador de Agricultura Digital da empresa, como para o produto algodão a qualidade gera aumento do preço, a transparência do processo para o cliente é relevante. Antes a informação era passada por demanda, por telefone ou *e-mail*, agora está disponível para o cliente na ‘palma da mão’.

No que se refere ao grau de automação da realização das atividades de M&V, diversos impactos foram identificados. Um deles é o uso de aplicativos de inteligência de mercado, que automatizam o cruzamento de dados e permitem que o vendedor tenha ‘na palma da mão’ informações para a tomada de decisão. Outro impacto é o surgimento dos *marketplaces* específicos para a cadeia de valor da agricultura, que facilitam o processo de busca e compra, e mudam a forma de o produtor comprar. Por fim, os *softwares* de gestão de relacionamento com o cliente, como o Salesforce, uma plataforma de gerenciamento do relacionamento com o cliente, que oferece uma gama de serviços de venda, propaganda, recomendações, entre outros (SALESFORCE, [s.d.]). A fala do profissional da Yara evidencia mudanças na atividade de vendas:

A gente tem um crescimento de vendas hoje que não corresponde ao crescimento da força de vendas, por conta de novas tecnologias.

Hoje não é possível vender na Yara ou produzir um evento, produzir algum relacionamento que não seja dentro do Salesforce [...].

O entrevistado salientou que sem a tecnologia seria necessário um número muito maior de pessoas para realizar as mesmas atividades. Ele ressaltou ainda, que com o Salesforce é possível integrar as informações de todas as unidades da empresa no mundo.

Por fim, com relação ao local de realização das atividades de M&V, um impacto foi identificado: assim como as outras atividades, essa passa a ser possível de se fazer a distância. O Líder da Divisão *Crop Science* da Bayer no Brasil disse que é cada vez mais necessária a proximidade com o cliente, mas que ela não precisa ser presencial. O uso do Salesforce pela Yara é uma evidência de migração das atividades dos meios tradicionais para a Internet.

e. Serviços

Como já foi colocado, tradicionalmente a atividade de serviços na cadeia de valor da agricultura está ligada à manutenção de equipamentos e a serviços de consultoria e recomendação. Os impactos da I4.0 nessa atividade foram bastante destacados.

Com relação ao conteúdo, os serviços passam a fazer parte da solução para o cliente, e acontecem ao longo do ciclo de vida do produto. (PORTER; HEPPELMANN, 2015). Na cadeia de valor da agricultura percebe-se a mudança da abordagem dos fornecedores no sentido de prover soluções mais completas, contínuas e que gerem mais valor para os clientes. (BEECHAM RESEARCH, 2016; PHAM; STACK, 2018; SHEPHERD *et al.*, 2018). A John Deere, por exemplo, que sempre ofereceu, através de seus concessionários, o serviço de manutenção das máquinas e equipamentos, ampliou o foco. O Gerente de Vendas da companhia explicou que:

Antes o serviço era visto como a manutenção da máquina em si. Hoje não, o serviço pode ser para o concessionário oferecer para o cliente serviços de treinamento, serviços de diagnóstico, serviço de como eu posso utilizar minha máquina, serviço de acompanhamento de qual operador está performando mais ou menos.

O Gerente de Otimização de Concessionários da empresa salientou que hoje os concessionários têm uma área de soluções integradas que trabalha

junto com o cliente para melhorar a performance dele. Da mesma forma, as outras empresas da indústria de máquinas agrícolas, tais como AGCO – com o Fuse – e CNH – com o *Advanced Farming Systems*TM – passam a oferecer um conjunto de serviços para o cliente. (PHAM; STACK, 2018).

As empresas de insumos, por sua vez, também mostram mudanças nos serviços. Tradicionalmente os serviços prestados eram de recomendação de que produto aplicar e como aplicar, normalmente realizados por técnicos no campo, com o foco em vender mais produto. Hoje as empresas estão lançando soluções, tais como o FieldviewTM, o Orbia, o Agri-Office, ou Atfarm, cujo foco passa a ser os serviços prestados para aumentar a produtividade do produtor agrícola.

Outros impactos dizem respeito ao grau de automação dos serviços. De um lado, os dados, algoritmos e a conectividade têm permitido, por exemplo, a realização de diagnósticos e recomendações de forma automática. A John Deere, por exemplo, desenvolveu algoritmos que cruzam dados, fazem correlações e identificam problemas antes que eles aconteçam, são os ‘alertas inteligentes’. Isso permite que o concessionário proponha ao cliente a manutenção preditiva, ou seja, ele entra em contato com o cliente e oferece um serviço para solucionar o problema antes que ele ocorra. (JOHN DEERE, 2018b). Da mesma forma, serviços de apoio agrônômico têm sido automatizados com o uso de AI, aplicativos e conectividade. De outro, as plataformas têm ampliado o leque de opções para o cliente, tornando-se em si uma nova forma de prestar os serviços.

Com relação ao impacto da I4.0 no local onde os serviços são realizados, assim como nas outras atividades, destaca-se a possibilidade de execução remota de alguns deles. Tradicionalmente os serviços da cadeia de valor da agricultura precisavam da presença do prestador. As tecnologias da I4.0 estão permitindo que muitos serviços sejam prestados remotamente. Hoje, muitas correções de problemas podem ser feitas através de *softwares*. O Coordenador de Soluções Integradas de um concessionário John Deere contou que na sua região, hoje, boa parte dos problemas reportados pelos clientes são resolvidos remotamente. O treinamento é outro exemplo de serviço que pode ser realizado à distância. O Diretor de Tecnologia de Informação da SLC Agrícola comentou que a empresa instalou salas com computadores e Internet

nas fazendas, e que os empregados estão realizando vários treinamentos à distância. A Strider, empresa de *softwares* de gestão de fazendas, criou em 2019 a *Strider Academy*, voltada à Educação à Distância (EAD) no meio rural. (ONDEI, 2019). Para a agricultura, que, especialmente no Brasil, é distante de centros urbanos, a mudança na localidade de prestação do serviço é essencial.

Os impactos da I4.0 nas atividades da cadeia de valor da agricultura podem ser resumidos no Quadro 5.

Quadro 5 - Impactos da I4.0 nas *atividades* da cadeia de valor da agricultura

Atividades
<p>P&D</p> <p>Conteúdo (o que)</p> <ul style="list-style-type: none"> - inovações feitas cada vez mais por meio de <i>software</i> - inovações embasadas em serviços <p>Grau de Automação (como)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ciclos mais curtos de desenvolvimento - atividade iterativa, não sequencial - dados capturados e transmitidos automaticamente retroalimentando o processo de P&D - projetos alternativos gerados por <i>analytics</i> e inteligência artificial <p>Local (onde)</p> <ul style="list-style-type: none"> - realizado de forma distribuída, com <i>agtechs</i> <p>Produção</p> <p>Conteúdo (o que)</p> <ul style="list-style-type: none"> - produção de bens e informações <p>Grau de Automação (como)</p> <ul style="list-style-type: none"> - tempo de resposta reduzidos, viabilizados por dados <i>online</i> - planejamento e controle da produção aprimorados por <i>analytics</i> - utilização de drones, robôs e máquinas autônomas nas operações - comunicação entre máquinas <p>Local (onde)</p> <ul style="list-style-type: none"> - monitoramento e controle de qualquer lugar - fazendas verticais, mais próximas dos centros de consumo <p>Logística</p> <p>Conteúdo (o que)</p> <ul style="list-style-type: none"> - logística de bens e informações <p>Grau de Automação (como)</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilização de veículos autônomos - automação das decisões de atividades de transporte e armazenagem <p>Local (onde)</p> <ul style="list-style-type: none"> - monitoramento e controle de qualquer lugar - localização da base de suprimentos de componentes para produtos de tecnologia embarcada <p>Marketing e Vendas</p> <p>Conteúdo (o que)</p> <ul style="list-style-type: none"> - migração do foco do produto para serviços - foco na experiência do cliente <p>Grau de Automação (como)</p> <ul style="list-style-type: none"> - aplicativos de inteligência de mercado, facilitando o cruzamento de informações para vendas - surgimento de <i>marketplaces</i>, facilitando processo de busca e compra - <i>softwares</i> de recomendações e de relacionamento com o cliente <p>Local (onde)</p> <ul style="list-style-type: none"> - marketing e vendas a partir de qualquer lugar <p>Serviços</p> <p>Conteúdo (o que)</p> <ul style="list-style-type: none"> - soluções integradas e relacionamento contínuo <p>Grau de Automação (como)</p> <ul style="list-style-type: none"> - plataformas com opções a serem escolhidas pelo cliente - diagnósticos realizados por inteligência artificial - recomendações agronômicas utilizando inteligência artificial <p>Local (onde)</p> <ul style="list-style-type: none"> - realizados cada vez mais remotamente

Fonte: Elaborado pela autora.

O uso do elemento *atividades* para analisar os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura mostrou-se adequado. Pensar nos atributos ‘conteúdo’, ‘grau de automação’ e ‘local’ para cada uma das atividades na cadeia revelou-se uma tarefa extensa e cansativa. A pesquisadora teve, inicialmente, certa dificuldade para classificar os impactos entre ‘conteúdo’ e ‘grau de automação’. Por esse motivo, deixou claro no Quadro 5 que ‘conteúdo’ se refere a ‘o que’ a atividade realiza, enquanto grau de automação diz respeito a ‘como’ ela é realizada, e ‘local’ trata de ‘onde’ ela é realizada. Como resultado, compreendeu que o atributo ‘grau de automação’ seria melhor representado pelo termo ‘forma’, uma vez que o grau de automação está determinando a forma como a atividade é realizada. Isso gerou, portanto, uma modificação no *framework* F3.

Nas entrevistas realizadas e nos documentos analisados sobre a cadeia, os impactos da I4.0 nas atividades puderam ser captados pelos atributos conteúdo, forma e local. Os atributos permitiram uma análise detalhada desse elemento da cadeia, melhorando o entendimento da transformação de cada atividade no contexto da I4.0. Nesse sentido, para o caso estudado o elemento atividades e seus atributos foram considerados adequados para o estudo da cadeia em questão.

4.2.2.2.5 Fluxos

O elemento *fluxos* trata das transferências na cadeia de valor. O F2 propõe uma análise dos fluxos físicos e não físicos, buscando compreender as mudanças na intensidade e direção deles.

Fluxos Não-Físicos

Os fluxos não-físicos são as transferências intangíveis na cadeia. Tipicamente envolvem dados, informações e conhecimento. Em razão de a I4.0 ser um paradigma de produção orientado a dados (KLINGENBERG; BORGES; ANTUNES, 2019), o fluxo não-físico tem destaque quando se fala em impactos da digitalização das atividades.

Com relação à intensidade, é inegável que há um aumento significativo tanto da quantidade dos dados existentes na cadeia – dados sobre tudo –

quanto da frequência com que eles fluem. O sensoriamento de máquinas, equipamentos e dispositivos permite que diversos dados sobre solo, plantio, pulverização, colheita e clima sejam capturados. (JERRATSCH *et al.*, 2018; PHAM; STACK, 2018). Os entrevistados afirmaram que *big data* é essencial para os novos negócios. Nesse sentido, todas as empresas têm trabalhado para aumentar suas bases de dados. Cada momento que passa, mais dados são gerados, e, com a combinação do *analytics*, maior é o valor que as soluções podem entregar ao agricultor. O Coordenador de Agricultura Digital da SLC Agrícola salientou:

Só de uma lavoura, por estação, são mais de 100 gigabytes de dados que a gente coleta. [...] e nós temos mil e duzentas lavouras, é uma quantidade muito grande de dados. Isso que a gente não coloca nessa conta as imagens de satélite[...]. Só em termos de dados coletados pelas máquinas, pelas pessoas, é muito dado. Cada máquina nossa que está andando lá no campo registra a cada segundo uma série de mensurações, então é gigante a quantidade [de dados].

Além do aumento da quantidade dos dados, o crescimento das redes de comunicação permitiu a conectividade das 'coisas', viabilizando a transmissão dos dados em lotes frequentes ou mesmo de forma contínua. Apesar de a Internet nas lavouras ainda se constituir em um desafio, existem diversos movimentos no sentido de ampliá-la. (EUROPEAN COMMISSION, 2017; SHEPHERD *et al.*, 2018).

O Gerente de Soluções Integradas de um concessionário John Deere contou que os mapas de produção já há alguns anos são registrados nas máquinas. Contudo, eles não eram utilizados para retroalimentar o processo de planejamento da safra. Hoje, se a máquina está conectada à Internet ela pode enviar as informações para o Centro de Operações, e o cliente, bem como quem mais ele autorizar, pode fazer uso dessas informações para mudar algo na operação ou planejar o novo ciclo. Caso a máquina não esteja conectada, as informações podem ser salvas em um *pen-drive* e carregadas manualmente na plataforma, e a partir desse momento passam a ficar disponíveis para quem o cliente desejar.

Com relação à direção dos fluxos não-físicos, houve uma mudança importante. Os fluxos intangíveis costumavam fluir à jusante (preços,

especificações de produtos) e à montante (pedidos, requisitos e reclamações) e aconteciam normalmente entre díades. Como visto nos exemplos já discutidos aqui – tais como manutenção preditiva, treinamento à distância, monitoramento remoto da fazenda – os fluxos tendem a tornar-se multidirecionais, podendo acontecer entre diversos atores ao mesmo tempo. Alguns autores falam em total transparência dos dados na cadeia. (EURACTIV, 2017; JERRATSCH *et al.*, 2018). Tanto no Fieldview™ da Bayer, como no Centro de Operações da John Deere, o agricultor pode escolher com quem compartilhar seus dados, dando autorização de acesso ao sistema, o que evidencia que o fluxo passa a ser multidirecional.

Fluxos Físicos

Os fluxos físicos consistem nas transferências tangíveis na cadeia: produto, peças, componentes etc. Aqui são apresentadas as mudanças identificadas no caso estudado.

Uma das tendências vistas na literatura sobre I4.0 é que, em alguns casos, os fluxos de dados podem substituir fluxos físicos. (FERRANTINO; KOTEN, 2019; MANYIKA *et al.*, 2016; PORTER; HEPPELMANN, 2014; SCHEER, 2019). Isso significa reduzir a intensidade dos fluxos físicos. Esse efeito foi percebido em diversas aplicações mostradas pelas empresas pesquisadas. Na SLC Agrícola, por exemplo, o nível de chuvas nas lavouras é medido por um pluviômetro que não tem comunicação com a sede. Hoje um empregado passa de moto diariamente por todos os pluviômetros instalados na fazenda, e faz a anotação do nível registrado. Com a implementação de instrumentos digitais e conectividade, esse trabalho deixará de existir. Nesse caso haverá uma redução da intensidade do fluxo físico (pessoas e veículos) promovida pelo aumento do fluxo não físico (dados).

Um outro exemplo é o da manutenção preditiva feita pela John Deere. Um dos entrevistados citou que sem a telemetria e o monitoramento da máquina, quando há um problema no campo, é comum o técnico ter que se deslocar três vezes até a fazenda: uma para fazer o diagnóstico, e duas ou três para terminar o conserto. O Coordenador de Soluções Integradas de um concessionário explicou que em produtores agrícolas que têm os tratores conectados o técnico faz apenas uma viagem já levando a peça correta. Isto

porque o diagnóstico é feito remotamente: os sensores capturam os dados, que são enviados ao Centro de Operações por redes de comunicação e, então, algoritmos, juntamente com técnicos especializados, indicam o problema.

Entrevistados de diversas empresas citaram que com as tecnologias embarcadas nas máquinas e equipamentos e a utilização de aplicação de precisão, está sendo possível reduzir o consumo de combustível e de insumos (fertilizantes, sementes, defensivos). Aplica-se somente onde e quando necessário. Novamente fluxos físicos reduzidos pelo uso de fluxos não-físicos.

No que diz respeito à direção dos fluxos físicos, um impacto foi evidenciado no estudo: o fluxo físico continua sendo predominantemente em direção ao consumidor, mas deixa de ser linear. Nas palavras do CEO da Orbia:

O que a maioria dos marketplaces faz, e que não há diferenças da Amazon ou de qualquer outro, é tentar aglutinar o maior número possível de cadeias de valor dentro de um único local. Porque daí o fluxo de produto, ele deixa de ser linear, ele passa a ser difuso. Você pode montar um carrinho de compra com cinco fornecedores, usar um crédito de um sexto fornecedor. Então o fluxo do produto deixa de ser linear e passa a ser difuso, e isso dá para quem está transacionando o marketplace a liberdade de ficar pulando de cadeia quando acha que aquela cadeia que ele está participando não é mais vantajosa.

O aspecto ressaltado pelo executivo não é tão óbvio, mas é relevante. No fluxo tradicional um agricultor compra do distribuidor apenas os produtos que este escolher fornecer. Na medida em que existe um mercado *online* que liga agricultor a diversos fornecedores, e que permite ao mesmo tempo agregar todas as compras em uma única transação, a direção dos fluxos deixa de ser linear. Ele faz a compra no *marketplace*, e os produtos fluem de diversos fornecedores para a sua propriedade. Da mesma forma, as plataformas de soluções, podem gerar fluxos multidirecionais, pois as opções serão escolhidas pelo cliente. Nesses casos, os fluxos físicos são multidirecionais, mas os fluxos de dados e financeiro convergem para a plataforma e dali são redistribuídos para diversos atores, de acordo com parâmetros pré-estabelecidos.

Os impactos da I4.0 nos fluxos da cadeia de valor da agricultura podem ser resumidos no Quadro 6.

Quadro 6 - Impactos da I4.0 nos *fluxos* da cadeia de valor da agricultura

Fluxos
<p>Fluxos Não Físicos</p> <p>Intensidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - dados sobre tudo (solo, clima, operações, máquinas) - dados frequentes (contínuos onde há internet) <p>Direção</p> <ul style="list-style-type: none"> - fluxos multidirecionais (do agricultor para diversos atores, de diversos atores para o agricultor e entre atores) - transparência de dados em toda a cadeia <p>Fluxos Físicos</p> <p>Intensidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - volume de fluxos de peças, pessoas e insumos, reduzido em razão de maior precisão da operação <p>Direção</p> <ul style="list-style-type: none"> - fluxos multidirecionais (produtos e insumos transacionados de diversas formas)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os impactos da I4.0 nos fluxos da cadeia de valor da agricultura foram identificados tanto nas entrevistas quanto nos dados secundários, evidenciando relevância desse elemento para a análise em questão. Separar a discussão em fluxos físicos e não físicos mostrou-se adequado, pois pode-se captar os impactos em cada tipo de fluxo e, ao mesmo tempo, as relações existentes entre eles. Os atributos 'intensidade' e 'direção' foram suficientes para descrever as mudanças identificadas na cadeia de valor estudada.

4.2.2.2.6 Atores

As novas propostas de valor presentes na cadeia de valor da agricultura afastam-se da lógica, ainda dominante, de venda de produto. Os grandes *players* estão partindo para a busca de soluções completas de gestão das fazendas. Isso gera uma mudança nos papéis de quem já atua na cadeia, bem como o elenco que participa do processo de criação de valor. (EUROPEAN COMMISSION, 2017).

A criação de valor nessa nova realidade depende de uma rede complexa de atores. Todos os entrevistados ressaltaram a necessidade de colaboração, afirmando que sozinhas as empresas não conseguem chegar a soluções

personalizadas. Nesse contexto, os atores com frequência assumem papéis diversos, e não mais o papel tradicional que exerciam no passado. Isso significa que a John Deere não é apenas fornecedora de máquinas e equipamentos, mas também provedora de uma plataforma na qual diversas empresas podem oferecer seus produtos e serviços. (JOHN DEERE, 2013). O Gerente de Vendas colocou que:

O nosso Operations Center [...] é esse ecossistema onde várias outras empresas parceiras podem desenvolver aplicativos e utilizar a conexão que a John Deere oferece da máquina com o produtor [...].

Da mesma forma, a Bayer deixa de ser apenas fornecedora de insumos para ser também um *marketplace* e uma plataforma de gestão agronômica, que contam com parcerias de diversas outras empresas. (FRASBASILE, 2019). O CEO da Orbia explicou que:

Qual foi a nossa proposição? Foi de tentar tornar todas as transações que acontecem no agronegócio mais eficientes, sem tirar ninguém da equação.

Isso significa que a Orbia se posiciona como uma plataforma de transações na qual fábricas, cooperativas, distribuidores, bancos, produtores agrícolas, entre outros, podem oferecer seus produtos e serviços para potenciais compradores. Além disso, a Bayer trabalha no Fieldview™ com *analytics* prestando serviços de recomendação agronômica. A Yara mostra estar indo para a mesma direção com o anúncio da parceria com a IBM para prover soluções completas para o produtor. (YARA, 2019). O Proprietário de Produto da Yara colocou que:

Estamos expandindo para tecnologias como, por exemplo, previsão de tempo, coisas que permitem dar insights para nossos usuários [...] de como eles devem operar a fazenda deles, que recursos que eles vão ter disponíveis e assim por diante.

Outro entrevistado da Yara comentou que a empresa de fertilizantes canadense Nutrien já oferece há algum tempo um conjunto de soluções para o agricultor, o que poderia se chamar de 'o combo do fazendeiro'.

A ampliação dos papéis das empresas leva a situações de co-criação, quando elas oferecem soluções complementares ao produtor agrícola, e de competição, quando oferecem soluções concorrentes. Nas palavras de um dos entrevistados:

Todos estão entendendo o valor do mundo dos dados. Os concorrentes também, mas não só eles, também os outros elos da cadeia. Às vezes vão colaborar, às vezes competir, ainda não se sabe como isso ficará.

A colocação do profissional evidencia a dinamicidade da cadeia e as mudanças de papéis. Esse impacto foi apontado por Chou e Zolkiewski (2018) e no relatório da OCDE. (OECD, 2017). O dado como novo recurso de criação de valor abre a possibilidade para outros atores atuarem na cadeia, mudando não só os papéis dos participantes, como também o elenco.

As novas tecnologias permitem a entrada de atores na cadeia, sejam *startups*, chamadas *Agtechs*, ou grandes empresas de outros setores – como a IBM, Google, Amazon ou a Accenture, por exemplo. (ACCENTURE, 2017; WOLFERT *et al.*, 2017). Nas palavras de um dos entrevistados:

Antes eram os big four players, agora tem startups e tem outras empresas de outros setores que também estão entrando em agricultura, e essa transformação está sendo muito rápida.

Um estudo feito em 2019 identificou só no Brasil mais de 1125 *agtechs* em toda a cadeia do agronegócio, sendo que 593 são dedicadas a soluções na parte da cadeia foco deste estudo, da fazenda (inclusive) para trás. (DIAS; JARDIM; SAKUDA, 2019). Todos os entrevistados citaram as *startups* como importantes novos atores da cadeia. O Coordenador de Agricultura Digital da SLC Agrícola falou que tem mais de 400 *agtechs* mapeadas que podem fornecer alguma solução para as fazendas da empresa.

Com relação a grandes companhias que atuam em outros setores, existem várias iniciativas. Boa parte delas está relacionada a prover soluções que auxiliem o produtor na melhoria da gestão dos seus negócios, envolvendo competências relacionadas a dados. Um dos entrevistados colocou que:

A gente vê um movimento muito forte de empresas que nunca colocaram o pé no agro e que agora estão fazendo um movimento intenso para fazer parte dessa onda. Ninguém quer perder a onda.

A IBM, por exemplo, comprou em 2015 a empresa *Weather Company*, especializada em previsão do clima, e em 2018 lançou a Plataforma Watson de Decisão para a Agricultura (HARDY, 2015; IBM, 2018). Além disso, anunciou em 2019 uma série de soluções voltadas a cadeia de valor da agricultura na América Latina (IBM, 2019). Em março de 2018 a Alphabet, proprietária do Google, anunciou investimentos em P&D voltados à aplicação de AI na agricultura. (VANIAN, 2018). A Accenture criou dois serviços, o *Accenture Digital Agriculture Service* e o *Accenture Connected Crop Solution*. (ACCENTURE, 2017). As companhias de telecomunicações, tais como TIM e Vivo também estão entrando como parceiras em projetos na cadeia de valor da agricultura. (SOLLITTO, 2019; TIM, 2020).

Por outro lado, foi comentada a possibilidade de intensificação da concentração na produção agrícola, reduzindo o número de atores. Apesar de as tecnologias da I4.0 não serem dedicadas apenas aos grandes produtores, elas viabilizam ganhos importantes de eficiência em agricultores de grande escala. (BARRERA, 2018; WEINRAUB, 2019).

Nas entrevistas e nos documentos analisados no estudo de caso, foi evidenciada a relevância de discutir os impactos da I4.0 nos atores que participam da cadeia de valor. Boa parte das narrativas realizadas foram a respeito dos 'papéis' dos participantes e de quem participa, ou seja, o 'elenco'. Nesse sentido, os atributos definidos mostraram-se adequados para analisar os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura. Entretanto, com frequência outra característica foi trazida pelos entrevistados: as competências dos atores. Todos os trechos codificados *in-vivo* (18), falavam sobre competências. A Tabela 23 traz alguns exemplos desses trechos.

Tabela 23 - Trechos de entrevistas sobre o impacto nas competências

Empresa	Citação
Gerente de Marketing John Deere	Todas as empresas estão buscando obter dados e desenvolver a capacidade para transformá-los em decisão. E esse é outro desafio porque faltam pessoas qualificadas para trabalhar com isso. Quem trabalha mais focado em tecnologia não quer ir para o campo. Então é importante que as faculdades de agronomia e afins insiram tecnologia na formação.
Coordenador de Agricultura Digital SLC Agrícola	A qualificação mudou absurdamente. Nós trabalhamos ano passado mais de 100 horas de treinamento para cada pessoa só em tecnologia. Então a pessoa [precisa] saber como faz o apontamento, saber interpretar o dado, tudo foi trabalhado. Tivemos que redesenhar perfil. As pessoas que tinham perfil entraram na vaga e foram treinadas, as pessoas que não tinham perfil tiveram que ser alocadas em outra função.
Gerente de Inovação e Novos Negócios Yara	[...] a grande mudança interna é saber trabalhar com esse novo momento. Ajuda também oxigenando a força de trabalho, porque [...] pessoas que chegam em uma batida diferente e que trazem outras experiências, eu acho que isso tem importância também.
Líder da Divisão Crop Science da Bayer no Brasil	Tem um elemento na digitalização que você viu em outros setores que ainda nós estamos tendo que trabalhar na agricultura, que é a mudança cultural [...] se você pensar, hoje o grande desafio do digital não são as tecnologias, porque as tecnologias já estão lá, o grande desafio é mudança cultural e ter pessoas que toquem uma agricultura digital. Então o capital humano de pessoas digitais, vamos chamar assim, não há, e esse é o grande desafio para próxima década.

Fonte: Elaborada pela autora.

As colocações dos entrevistados mostram que a I4.0 tem um impacto relevante nas competências das pessoas. De fato, esse ponto é bastante discutido na literatura sobre I4.0. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; OECD, 2017; PORTER; HEPPELMANN, 2014).

Os principais impactos da I4.0 nas competências dos participantes da cadeia de valor da agricultura identificados foram: capacidade analítica para extrair informações e decidir com base em dados, capacidade de compreender e participar das mudanças impostas pela transformação digital e capacidade de aprender continuamente.

Com relação à capacidade analítica, as percepções dos entrevistados são corroboradas pela literatura sobre agricultura 4.0. Shepherd *et al.* (2018) colocam que a agricultura digital requer uma nova forma de entendimento e resolução dos problemas. Segundo os autores o foco passa a ser “[...] não necessariamente entender completamente os dados, mas compreender as

relações entre diferentes dados e processos⁷²". (SHEPHERD *et al.*, 2018, p.7). Para Lezoche *et al.* (2020) o desenvolvimento de habilidades relacionadas à análise de dados é um desafio gerado pelas tecnologias da I4.0. O desafio existe para todas as indústrias. Porém, Trendov *et al.* (2019) explicam que, em razão da histórica falta de infraestrutura e sistemas educacionais adequados, a área rural requer ainda mais treinamento e desenvolvimento de habilidades digitais do que outros setores.

Outro fator ressaltado pelos entrevistados é a capacidade de compreender e participar das mudanças. Essa competência é necessária tanto na força de trabalho de empresas pequenas na área agrícola, como nas grandes companhias multinacionais. Um dos entrevistados da John Deere colocou que:

[...] antes de uma inovação chegar lá [no mercado] ela precisa ser criada aqui dentro, e a gente está cheio de história de coisa boa que não deu certo, e tinha tudo para dar certo. E onde é que parou? Parou na maneira difícil das pessoas de pensar, se você leva alguma coisa muito diferente, às vezes o pessoal tem medo... Então a gente aqui dentro está em um processo de reinvenção.

Essa colocação evidencia os impactos da I4.0 nas competências dos atores tradicionais da cadeia. Tanto gestores da indústria de máquinas quanto da indústria química ressaltaram esse aspecto como um dos maiores desafios que enfrentam.

Por fim, a capacidade de aprender continuamente foi ressaltada por alguns entrevistados. Eles disseram que a transformação dos negócios está em curso e isso gera um ambiente dinâmico. A velocidade das mudanças requer essa competência.

Em razão da relevância dada pelos entrevistados, confirmada pela literatura, ficou evidente que o impacto nas competências da cadeia deveria ser incluído no *framework*, na versão F3. Inicialmente a pesquisadora não o fez porque considerou o tema pertinente à análise dos impactos da I4.0 no nível da firma. Contudo, percebe-se que o impacto se dá na cadeia como um todo, envolvendo competências das pessoas e das organizações. Considerando que

⁷² Tradução livre da autora. “[...] not necessarily fully understanding the data, but rather understanding the relationships between different data and processes”.

no artefato o elemento *atores* representa os participantes do processo de criação de valor, entende-se ser adequada a inserção de um atributo para esse elemento, nomeado 'competências'. Os impactos da I4.0 nos atores da cadeia de valor da agricultura podem ser resumidos no Quadro 7.

Quadro 7 - Impactos da I4.0 nos *atores* da cadeia de valor da agricultura

Atores
<p>Papéis</p> <ul style="list-style-type: none"> - diversos papéis assumidos pelos atores ao mesmo tempo (fornecedores de produto, prestadores de serviços, donos de plataformas)
<p>Elenco</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>agtechs</i> entrando com soluções específicas - grandes atores de outras cadeias entrando com competências relacionadas a dados
<p>Competências</p> <ul style="list-style-type: none"> - capacidade analítica para extrair informações dos dados e decidir com base nelas - capacidade de compreender e participar das mudanças impostas pela transformação digital - capacidade de aprender continuamente

Fonte: Elaborado pela autora.

A discussão dos 'papéis', 'elenco' e 'competências' dos atores leva à discussão de como a criação é projetada e orquestrada. O último elemento da cadeia a ser analisado é a *governança*.

4.2.2.2.7 Governança

O elemento *governança* trata do projeto e orquestração da cadeia de valor e do poder dos participantes em definir os parâmetros da cadeia. Dois atributos são analisados para compreender o impacto da I4.0 nesse elemento: 'relacionamentos' e 'regras'.

Relacionamentos foi o atributo que mais apareceu nas entrevistas realizadas. Pode-se dizer que há, na cadeia de valor da agricultura, um movimento dos elos tradicionais no sentido de tornar o processo de interação menos transacional e mais relacional. Isso significa ampliar os pontos de contato com o cliente, da venda e pós-venda para todo o ciclo de vida do

produto. As novas proposições de valor, já discutidas neste capítulo se embasam em relacionamentos.

No elo de máquinas e equipamentos, a John Deere utiliza o produto como meio para o relacionamento. A máquina conectada captura e transmite dados, viabilizando a ampliação do leque de soluções, que envolve desde a gestão da frota (rendimento e disponibilidade), até a disponibilização de outros serviços, prestados por terceiros. Isso significa uma conexão contínua com o agricultor, ao invés do tradicional relacionamento intermitente de venda, manutenção, substituição. O Gerente de Marketing colocou que

[...] antigamente a coisa toda era o seguinte: você entregou o trator para o cliente e a missão estava cumprida.

Esse trecho da entrevista destaca o fato de que a venda do produto era o ponto alto da relação com o cliente, e que as interações posteriores com ele, como serviços de assistência técnica, eram secundárias, vistas, como já foi mencionado, como um meio de vender mais produto.

No elo de sementes e defensivos, a Bayer enfoca o relacionamento contínuo com os clientes, mas, diferente da John Deere, a empresa faz isso lançando novas soluções que não dependem da venda dos seus produtos principais. Tanto o Fieldview™, quanto a Orbia são serviços que capturam e analisam dados e oferecem serviços ao longo do ciclo do produtor. O Líder Comercial do Fieldview™ ressaltou:

[...] hoje a nossa grande proposta não é só vender mais sementes, nós vamos ter que ter um gancho de venda de serviços, [...] não sei se você chegou a ler alguma coisa sobre o pronunciamento do Liam Condon que é o CEO da Bayer, de que nós vamos vender solução.

Da mesma forma, a Yara, no elo de fertilizantes, busca o relacionamento contínuo com os clientes, sem necessariamente vincular as novas soluções aos produtos atuais. Nas palavras do Proprietário de Produto da empresa: “Eu vejo que em cinco anos a Yara vai ter um papel muito importante, vai ter um leque de serviços muito bom voltado para toda a cadeia de produção agrícola.”. Os profissionais não detalharam esses serviços, porque ainda estão em

desenvolvimento, mas a solução está relacionada à plataforma de fazenda digital que será lançada em parceria com a IBM. (YARA, 2019).

Os relacionamentos contínuos e estratégicos devem gerar novos tipos de contratos. Num relacionamento intermitente as receitas se dão por eventos – a venda, a manutenção, a assistência técnica. A partir do momento em que o relacionamento se torna contínuo, a forma de remuneração muda. As novas soluções têm sido cobradas com base em licenças ou assinaturas mensais. Além disso, com a maior participação do fornecedor no processo de criação de valor, começam a surgir contratos embasados em desempenho. (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; PORTER; HEPPELMANN, 2014; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017). De fato, o Líder Comercial do Climate Fieldview comentou que a empresa já está testando no Brasil o que chama de *Outcome Based Price* – OBP, um modelo de contrato no qual o preço do serviço é embasado no resultado que é entregue para o agricultor.

Como já discutido no elemento *atores*, além dos relacionamentos com os clientes, os principais participantes da cadeia à montante da fazenda estão trabalhando no sentido de desenvolver parcerias e colaborações com empresas que complementem suas ofertas. As companhias participantes do estudo afirmaram não ter condições ou mesmo interesse em assumir todas as atividades para atender às necessidades dos clientes. Isso motiva as parcerias com *startups*, grandes empresas de tecnologia ou mesmo entre os atores tradicionais, concorrentes ou não. Assim, a criação de valor depende cada vez mais de um conjunto de empresas, que formam um menu de opções para o agricultor. A literatura sobre a Agricultura 4.0 confirma a relevância das parcerias e colaborações. (EUROPEAN COMMISSION, 2013; PHAM; STACK, 2018; WOLFERT *et al.*, 2017). A Tabela 24 mostra exemplos de parcerias existentes entre as grandes empresas em diferentes elos da cadeia.

Tabela 24 - Parcerias em soluções digitais entre os líderes do mercado de insumos

Companhia	Elo da Cadeia	Soluções Digitais	Parcerias
ACGO	Máquinas	Fuse	Bayer DowDuPont
Agrium	Fertilizantes	Echelon	Bayer
BASF	Sementes e Químicos	Maglis e Xarvio	John Deere
Bayer	Sementes e Químicos	Zoner e Fieldview	AGCO CNH John Deere Agrium
CNH	Máquinas	Advanced Farming Systems	Bayer
DowDuPont	Sementes e Químicos	Encirca (SM) (DuPont Pioneer)	John Deere
John Deere	Máquinas	Operations Center	Bayer BASF DowDuPont Yara Syngenta
Syngenta	Sementes e Químicos	AgriEdge Excelsior e Strider	

Fonte: Pham e Stack (2018) traduzido e adaptado pela autora.

Na medida em que as empresas se propõem a participar de forma contínua do ciclo do produtor, os sistemas fechados passam a ser pouco efetivos. Isto porque as necessidades são muito variadas. Esses atores colaboram e competem ao mesmo tempo, pois são às vezes donos de plataformas, e às vezes fornecedores de serviços e soluções. A cadeia de valor torna-se dinâmica, com a possibilidade de diferentes configurações, a serem definidas pelo cliente.

Para permitir a dinamicidade do processo de criação de valor, duas regras foram identificadas no caso estudado: o uso de interfaces padronizadas para que soluções diversas possam ser acopladas e desacopladas de acordo com o desejo do cliente, e garantia de privacidade e segurança dos dados.

A interoperabilidade é um dos requisitos para a Agricultura 4.0. (EUROPEAN COMMISSION, 2017). Isso porque, a interoperabilidade garante que o agricultor possa escolher as soluções que atendem às suas necessidades e não fique 'preso' a nenhum sistema específico. (CEMA, 2017). As interfaces padronizadas devem estar presentes nas máquinas, dispositivos, 'nuvens' e plataformas.

Nas plataformas, os entrevistados relataram diversas parcerias embasadas em APIs. A John Deere, por exemplo, tem APIs para que outras empresas possam oferecer suas soluções através do Centro de Operações. Na mesma linha, o Líder Comercial da Fieldview™ esclarece que os serviços existentes na plataforma não são todos ofertados pela Bayer. A empresa avalia os potenciais parceiros e, através de APIs, conecta soluções que podem interessar ao cliente. Os entrevistados da Yara disseram que a empresa está trabalhando no desenvolvimento de soluções que possam ser embasadas em APIs.

Com relação à interoperabilidade de ‘nuvens’, na Europa a John Deere firmou um acordo com a Claas e a 365FarmNet para que suas ‘nuvens’ conversem e compartilhem dados. Segundo a reportagem publicada da revista *Future Farming*:

Os proprietários de uma frota mista de tratores, colheitadeiras, e pulverizadores, agora podem escolher sua plataforma de nuvem/dados preferida de uma das três empresas, além de poder transmitir dados de outras máquinas por meio da nova interface. Isso significa que os dados ainda estão disponíveis no JD *Operations Center*, Claas *Telematics* ou 365FarmNet, mas podem ser trocados em tempo real de uma nuvem para a outra⁷³. (KOERHUIS, 2019).

No que diz respeito a dispositivos, um exemplo encontrado foi *Fieldview Drive* da Bayer, um *hardware* que se conecta com a porta CAN (*Controller Area Network*)⁷⁴ das máquinas, extrai dados de máquina e de campo e envia, por meio de *Bluetooth*, para o iPad. (CLIMATE FIELDVIEW, 2019). O Líder da Bayer Crop Science do Brasil comentou que o dispositivo é compatível com cerca de 90% das máquinas agrícolas do mercado.

Apesar dessas iniciativas identificadas, a literatura sobre agricultura digital ressalta que a interoperabilidade entre os sistemas ainda é um desafio. (EUROPEAN COMMISSION, 2017; LEZOCHÉ *et al.*, 2020; PIVOTO *et al.*,

⁷³ Tradução livre da autora. “Owners of a mixed fleet of tractors, combines, forage harvesters and sprayers, can now choose their preferred cloud/data platform from one of the three companies while also being able to transmit data from other machines via the new interface. This means that the data are still available in JD Operations Centre, Claas Telematics or 365FarmNet, but can be exchanged in real time from one cloud to the other.”

⁷⁴ CAN “[...] é um protocolo de comunicação serial que suporta eficientemente o controle distribuído em tempo real com um nível muito alto de segurança.”.(BOSCH, 1991, p.4). O protocolo foi desenvolvido pela Bosch em 1985 para a indústria automotiva e em 1993 passou a ser a rede internacional padrão para veículos. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2019) Tradução livre da autora.

2018). Segundo reportagem da Gazeta do Povo (MARONI, 2019), há diversas soluções, mas elas ainda não estão totalmente integradas, pois cada empresa tenta se colocar como 'o' *hub* digital do agricultor. Esse aspecto foi observado na entrevista com os profissionais da SLC Agrícola. A empresa trabalha com várias plataformas e tem um trabalho intenso e demorado para integrar os dados entre elas, pois a interoperabilidade ainda não funciona de forma adequada. Um relatório da Deloitte coloca a integração entre as soluções como uma das principais barreiras ao avanço da transformação digital da agricultura. (SARNI; MARIANI; KAJI, 2016).

Outra regra identificada para a participação na criação de valor é a garantia de privacidade e segurança dos dados. (CEMA, 2017; WOLFERT *et al.*, 2017). A Euractiv (2017, p.6) coloca que:

As organizações de agricultores temem que, se as grandes empresas controlarem os dados, corre-se o risco de serem criados monopólios e a produção será focada no ganho econômico à custa de outros objetivos⁷⁵.

Tanto a literatura, quanto os entrevistados afirmaram que a propriedade dos dados deve ser do agricultor. Várias companhias asseguram em contrato ao produtor a propriedade e a segurança dos dados. Entretanto, Wolfert *et al.* (2017) afirmam que a governança dos dados ainda é um problema a ser resolvido para que as fazendas inteligentes atinjam seu potencial.

O estudo de caso mostrou uma tendência de as grandes empresas da cadeia se estabelecerem como plataformas, ou a chamada governança Modular de Gereffi *et al.* (2005). Ponte e Sturgeon (2013) explicam que nas cadeias de valor modulares os custos de mudança são reduzidos em razão de padrões de interoperabilidade e soluções genéricas, mas que agregadores poderosos, que eles chamam de líderes de plataforma, que ditam os padrões e 'regras do jogo', podem restringir parcialmente a liberdade dos outros atores. Como observado por Maroni (2019) hoje os grandes *players* competem entre si pela liderança nas plataformas.

⁷⁵ Tradução livre da autora. "Farmers' organisations fear that, if big companies control the data, monopolies risk being created and production will be focused on economic gain at the expense of other objectives."

De fato, Wolfert *et al.* (2017) apontam que o Big Data pode alterar a relação de poder entre os diferentes atores da cadeia de valor da agricultura. Para os autores, os grandes *players* estão buscando garantir nessa nova revolução uma posição em que possam dominar o recurso que é tido como mais valioso: os dados. Nas palavras de um dos entrevistados no estudo de caso: “[...] *todo mundo que é um pouco esperto começou a enxergar que quem tiver mais dados tem mais controle e tem mais conhecimento, tem mais poder.*”. Os impactos da I4.0 na governança podem ser resumidos no Quadro 8.

Quadro 8 - Impactos da I4.0 na *governança* da cadeia de valor da agricultura

Governança
<p>Relacionamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - relacionamento contínuo e estratégico com o agricultor - contratos embasados em licenças e assinaturas - contratos embasados em desempenho - colaboração entre os diversos atores (fornecedores de insumos, fabricantes de máquinas, agtechs, entre outros) <p>Regras</p> <ul style="list-style-type: none"> - uso de APIs e interoperabilidade entre dispositivos e 'nuvens' - propriedade e segurança dos dados para o agricultor

Fonte: Elaborado pela autora.

O elemento *governança*, com os atributos ‘relacionamentos’ e ‘regras’, mostrou-se apropriado para discutir como a I4.0 impacta o projeto e a orquestração do processo de criação de valor na cadeia estudada.

4.2.2.2.8 *Captura de Valor*

Conforme discutido na revisão de literatura, o processo de criação de valor determina o quanto cada participante irá capturar do valor que foi criado. Isso não significa uma apropriação de valor linear do tipo quem mais gera valor, mais se apropria. Ao mesmo tempo, a expectativa de captura de valor é o que motiva as empresas a engajar-se no processo de criação. (LEPAK; SMITH; TAYLOR, 2007). Esta seção discute como as mudanças no processo de criação de valor causadas pela I4.0 impactam a captura na cadeia de valor da agricultura.

Os potenciais benefícios da I4.0 estudados na seção 2.2.3 deste trabalho mostram como as empresas podem usar a transformação digital para capturar mais valor: melhoria das operações e desenvolvimento de novas soluções. A primeira diz respeito à redução de custos, viabilizada pelo uso mais eficiente dos recursos, e do aumento incremental de receitas, possibilitado pelo melhor atendimento das necessidades do cliente e melhoria do gerenciamento das interfaces com os clientes. A segunda consiste em criar novas fontes de receita por meio do desenvolvimento de novas soluções.

A transformação digital do produtor agrícola é focada na melhoria das operações. Esse fato ficou claro em todas as entrevistas e em boa parte das publicações acessadas no estudo de caso. Os direcionadores são: redução de custos, aumento da produtividade por hectare e melhoria da rastreabilidade do produto. (JERRATSCH *et al.*, 2018; WOLFERT *et al.*, 2017). A redução de custos e aumento de produtividade são as alternativas para se apropriar de mais valor produzindo *commodities*. Um dos gestores da John Deere explicou: “[...] o nosso cliente é um produtor de commodity, então se ele não for eficiente e produzir em volume, ele não tem negócio.”. Já a melhoria da rastreabilidade do produto pode possibilitar o aumento do valor agregado, e do preço, de algumas culturas. Nesse sentido, o produtor agrícola tem buscado soluções que ajudem na redução do uso de insumos e na melhor utilização dos seus ativos – terras e máquinas.

Os fornecedores desses bens, além da competitividade dentro do seu setor, passam a enfrentar ameaças de novos entrantes, tanto *startups*, quanto grandes empresas de outros setores, sendo pressionados a aumentarem sua eficiência, e/ou a criarem fontes de receita. Nesse sentido, aplicam as tecnologias da I4.0 para melhorar suas operações, mas, principalmente, para desenvolver novas soluções. (DICKSON; ELIAZ; HUSSAIN, 2019; PFITZER *et al.*, 2019; PHAM; STACK, 2018). O estudo de caso evidenciou que as empresas à montante da fazenda estão se posicionando como plataformas. Isso significa que, enquanto continuam oferecendo os seus produtos/serviços tradicionais ao agricultor – que são as fontes existentes de receita – elas desenvolvem relações com o outro lado do mercado, os fornecedores de soluções – que constituem novas fontes de receitas. Com a ampliação do

portfólio, muitas delas passam a ter sobreposição de ofertas. Pham e Stack (2018, p.128) exemplificam essa mudança:

[...] Monsanto e John Deere se viam colaborativamente, cada uma perseguindo suas próprias linhas de negócios. Agora, com seu trabalho em dados, essas empresas que antes eram complementares começaram a se ver como (potenciais) concorrentes [...]⁷⁶.

Ao mesmo tempo em que tentam ser a opção do cliente para vender os seus produtos e serviços, algumas empresas estão se posicionando de forma a garantir acesso aos dados, para, a partir deles, desenvolver novas soluções. Um dos gestores da John Deere comentou que como cada agricultor tem necessidades específicas é importante que a plataforma da companhia permita conexões de soluções propostas por diversas empresas. Assim, mesmo que um determinado serviço não seja prestado pela John Deere – como por exemplo recomendações agronômicas –, se ele for feito através da plataforma, os dados das operações, quando autorizados pelo cliente, poderão ser utilizados para melhorar as ofertas da empresa.

A competição que está se instalando na cadeia de valor da agricultura é ilustrada pela seta azul na Figura 2, no capítulo 2.1.1.3 deste trabalho. Trata-se da competição para ser o melhor parceiro do cliente. (TAE; JACOBIDES, 2012).

Jacobides *et al.*, (2006) explicam que a captura do valor na cadeia depende do grau de complementaridade entre os ativos e seu grau de mobilidade. O grau de complementaridade entre a plataforma e as soluções que ela oferece é alto. Isto porque o valor das plataformas para os usuários depende de diversas soluções que ela oferece, e as soluções, por sua vez, dependem das plataformas para acessar o mercado. Cientes disso, as plataformas, que inicialmente eram fechadas, começaram a se abrir, disponibilizando APIs para que, tanto competidores tradicionais, como novos entrantes da cadeia, possam oferecer seus produtos e serviços através delas. Essa estratégia gera valor para o cliente, porque ele passa a ter diversas opções que competem entre si e, portanto, buscam ser melhores e mais

⁷⁶ Tradução livre da autora. “[...] *Monsanto and John Deere viewed each other rather collaboratively, each pursuing their own lines of business. Now, through their work in data, these once complementary firms began to view each other as (potential) competitors [...]*”.

acessíveis. Os fornecedores de soluções também se beneficiam porque passam a ter acesso a uma ampla base de clientes. E para a plataforma, a abertura gera valor porque garante que mais operações sejam feitas através dela.

Quanto ao grau de mobilidade dos complementos, espera-se que os proprietários das plataformas busquem incentivar a competição entre os fornecedores de soluções, diminuindo a dependência da plataforma em relação aos complementos e aumentando o leque de opções para o cliente. A adoção dos padrões de interoperabilidade entre os sistemas e a garantia de propriedade dos dados para o produtor são regras que permitem esse tipo de mobilidade. Ao mesmo tempo, pode-se dizer que as plataformas têm interesse em restringir a mobilidade no seu segmento da cadeia, de forma a limitar a concorrência. Agir rápido e garantir a penetração no mercado é uma das estratégias adotadas nesse sentido. Na fala de um dos entrevistados:

Depois que você está numa plataforma, é difícil você mudar... você não muda só pelo preço. 'Ah... o top da Apple versus o top da Samsung...', o preço da Samsung está mais barato, então dessa vez eu vou comprar Samsung'. Você não vai, porque você já está acostumado com o sistema que usa.

O trecho destacado mostra que pode haver resistência do cliente para trocar de plataforma, o que justifica a pressa para conquistar o mercado. Além disso, há o entendimento de que quanto mais participantes na plataforma, maior a quantidade de dados, que habilitam a aplicação de IA, que é aplicada para melhorar a experiência do cliente o que aumenta os participantes da plataforma, recomeçando o ciclo virtuoso. Essa relação sistêmica de reforço positivo, resulta na dinâmica debatida na literatura (EISENMANN; PARKER; ALSTYNE, 2006; JERRATSCH *et al.*, 2018) e citada por um dos entrevistados: 'o ganhador leva tudo'. Isso significa há uma tendência de concentração das plataformas. Jerratsch *et al.* (2018) ressaltam que na cadeia de valor da agricultura ainda não está claro quem será o 'ganhador'. Alguns entrevistados mostraram essa incerteza e acreditam, inclusive, que no futuro pode haver fusões entre algumas plataformas, não necessariamente dentro da mesma indústria (como por exemplo a compra da Bayer pela Monsanto), mas entre

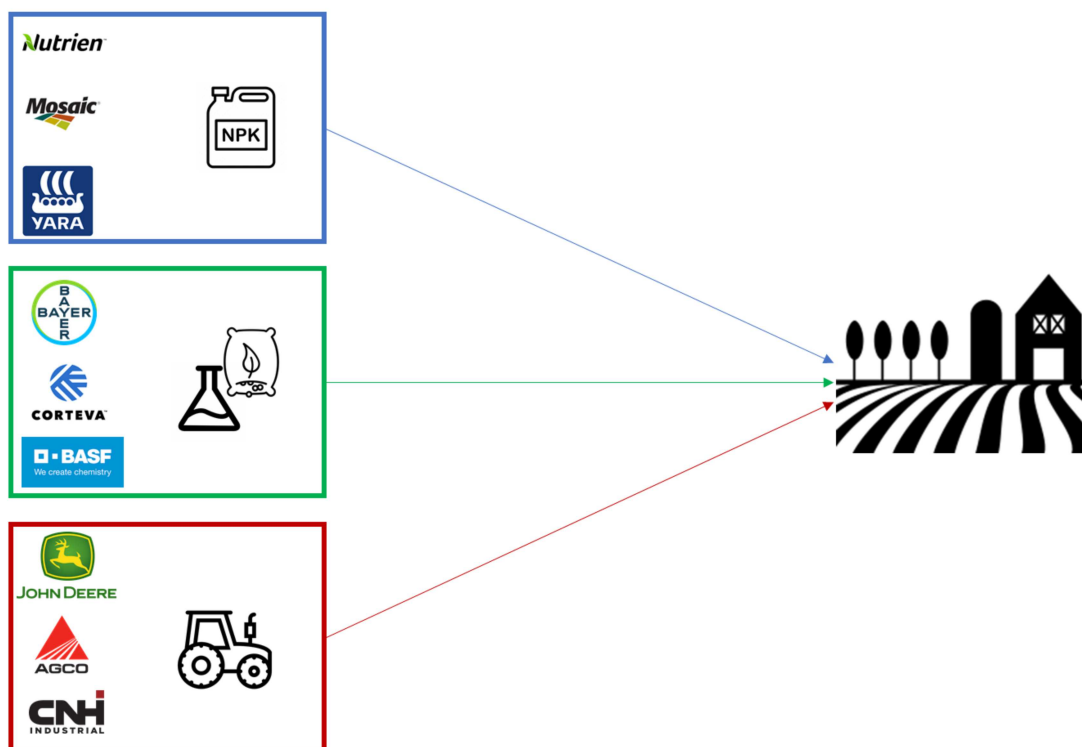
diferentes indústrias dentro da cadeia, o que pode vir a restringir as opções dos outros atores.

O movimento dos grandes *players* sugere que há uma expectativa de que o valor migre do elo dos fornecedores de insumos para o elo – emergente – dos provedores de plataformas. O surgimento de competidores pelo lado das *startups* é uma ameaça, mas o que pode acirrar a competição na cadeia é a entrada de grandes corporações com competências em análise de dados, tais como IBM, Google, Amazon e Microsoft.

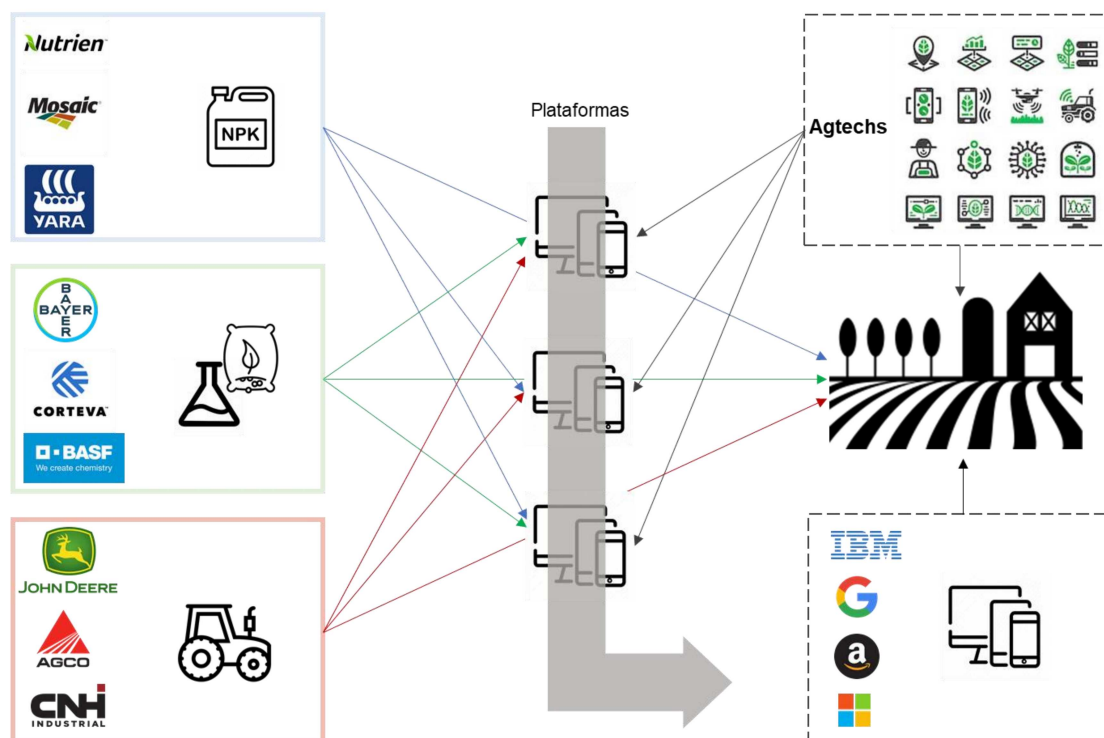
A Figura 23 ilustra como a competição se dá hoje na cadeia e mostra algumas possibilidades de mudanças em razão da I4.0.

Figura 23 - Competição pela captura do valor

a. Competição dentro da Indústria



b. Competição entre todos para ser o melhor parceiro do cliente



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 23a ilustra a tradicional competição na cadeia, que acontece principalmente dentro de indústrias bem delimitadas. A relação dos principais

fornecedores com o agricultor é feita por meio de canais de distribuição exclusivos ou multimarcas. Os produtos e serviços da cadeia, apesar de complementares, têm uma baixa interdependência, o que faz com que a escolha do produto/serviço de uma indústria não interfira na escolha do produto/serviço de outra. A Figura 23b ilustra as mudanças na competição em razão da I4.0. Os atores à montante do agricultor criam suas plataformas e as posicionam como *hubs* de relacionamento com o cliente. Os limites setoriais passam a ser ofuscados na medida em que os *players* de diferentes indústrias têm propostas de valor similares. Surge a competição entre as grandes empresas fornecedoras de insumos e máquinas, para ser 'a' escolha do cliente, mas ao mesmo tempo existe colaboração entre elas, na medida em que nenhuma é capaz de prover tudo o que todos os agricultores precisam. As setas coloridas mostram a complementaridade entre soluções e plataforma, evidenciando os papéis de colaboração e competição identificados na literatura. Novos atores fazem parte do processo de criação. Ambos podendo estabelecer uma relação direta com o agricultor, oferecer produtos e serviços através das plataformas existentes, ou ainda criar sua própria plataforma. A seta cinza aponta para as grandes companhias com competência em análise de dados, indicando a possibilidade de entrada significativa destes atores na cadeia, potencialmente apropriando-se de boa parte do valor criado.

Quanto aos produtores agrícolas, eles são quem remunera a parte da cadeia analisada, e sua captura de valor depende dos resultados da dinâmica competitiva tanto à montante da fazenda quanto à jusante (que não foi avaliada neste estudo). Em um primeiro momento, a competição deve trazer benefícios e aumentar a captura de valor pelo agricultor. Isto porque os competidores estão tentando se estabelecer como 'o' parceiro ideal. Nessa corrida, há muita dedicação em desenvolvimento de soluções focadas no cliente, com preços relativamente baixos. Os representantes da Bayer, por exemplo, afirmaram que num primeiro momento as iniciativas não estão buscando lucratividade. (RVTV, 2018). Contudo, no longo prazo, caso se confirme a dinâmica 'o ganhador leva tudo' não se pode ter certeza se esse benefício continuará. A apropriação de valor pelo produtor vai depender dos custos de mudança de uma plataforma para outra serem baixos. É nesse sentido que autoridades, pesquisadores e associações buscam garantir a propriedade e portabilidade dos dados.

(SHEPHERD *et al.*, 2018). É claro que a existência de potenciais alternativas, ou seja, de diferentes plataformas, é um requisito para que o agricultor possa mudar.

O Quadro 9 resume as mudanças na captura de valor em razão da transformação da cadeia de valor da agricultura.

Quadro 9 - A captura de valor em razão das mudanças na cadeia de valor

Captura de Valor
<ul style="list-style-type: none"> - Migração do valor dos fornecedores de máquinas e insumos para o proprietário da plataforma - Captura de valor do cliente condicionada à propriedade dos dados e à existência de plataformas alternativas - Competição entre diversos atores de diferentes indústrias para ser o melhor parceiro do cliente, via plataformas, com as seguintes estratégias: <ul style="list-style-type: none"> - incentivo da mobilidade dos complementos (fomentar competição entre soluções que podem ser 'acopladas' na plataforma) - penetração de mercado como mecanismo de isolamento (ganhar mercado para se beneficiar do reforço positivo das plataformas)

Fonte: Elaborado pela autora.

A captura de valor mostrou-se uma entidade relevante para a compreensão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura. Isto porque é a dinâmica da competição pela captura do valor que direciona os movimentos das companhias. Discuti-la em profundidade aumenta a compreensão sobre a transformação digital, e a sua relevância para as decisões estratégicas.

4.2.2.3 Relações entre os elementos da cadeia de valor

A I4.0 altera a estrutura subjacente ao processo de criação de valor, envolvendo as *atividades* realizadas, os *fluxos* existentes, os *atores* participantes e a *governança*. Esses quatro elementos proporcionam a análise dos impactos da I.40 em diferentes camadas da estrutura. Pode-se afirmar que todos os elementos se relacionam entre si de forma dinâmica e sistêmica. A seguir, são discutidas as relações encontradas no caso estudado.

A narrativa sobre conteúdo das atividades evidenciou que há uma mudança dos objetos de P&D, Produção, Logística, M&V e Serviços. Elas estão deixando de ser focadas no produto para envolver soluções integradas embasadas em dados. Ao mesmo tempo, está mudando a forma de realizar as atividades, com maior automação de diversas tarefas físicas e até decisórias. Além disso, mudanças no local de realização das atividades foram evidenciadas, com tarefas passando a serem executadas remotamente. A seguir são descritas as relações entre o elemento *atividades* e os outros três elementos do *framework*.

- *Fluxos*: por um lado, as mudanças das atividades alteram os fluxos. O uso de sensores nas máquinas agrícolas e a conectividade, por exemplo, aumentam a intensidade dos fluxos de dados e permitem que eles fluam em diversas direções ao mesmo tempo. Por outro lado, os fluxos impactam as atividades. A disponibilidade desses dados *on-line* viabiliza, por exemplo, sistemas de manutenção preditiva, alterando a forma de se fazer manutenção.
- *Atores*: por um lado, a mudança nas atividades altera os atores. A oferta de soluções embasadas em dados que auxiliam no gerenciamento das fazendas, por exemplo, requer novas competências dos atores tradicionais, atraem novos atores e alteram os papéis dos participantes. Viu-se fornecedores de máquinas e de insumos se reinventando, colaborando e competindo entre si, bem como a IBM estabelecendo parceria com a Yara. Por outro lado, as mudanças nos atores causam alterações nas atividades. A entrada das *agtechs*, com diversas soluções específicas para o produtor, por exemplo, muda a forma de as empresas fazerem P&D.
- *Governança*: por um lado, a mudança nas atividades gera impactos na governança. Os novos serviços, contínuos e embasados em soluções integradas por exemplo, alteram os contratos. A Bayer está testando contratos embasados em resultados para a plataforma FieldviewTM. Por outro, a mudança na governança impacta as atividades. Os padrões de interoperabilidade, por exemplo, permitem a comunicação entre máquinas e uma maior automação das atividades.

A descrição dos impactos da I4.0 nos fluxos da cadeia de valor da agricultura mostrou um aumento significativo na intensidade dos fluxos de dados e conhecimento. Além disso, essas transferências passam a ser multidirecionais. A aplicação de tecnologias de captura de dados e a conectividade permitem transparência ao longo da cadeia. Ao mesmo tempo, pode-se identificar mudanças nos fluxos físicos: primeiro, a movimentação de pessoas e de produtos que não agrega valor tende a ser significativamente reduzida em razão da melhoria das informações (como já explicado no caso do técnico que vai a campo apenas uma vez com a peça certa); segundo, os fluxos físicos podem ser multidirecionais, em razão da utilização de *marketplaces*, que possibilitam o acesso a fornecedores de diversas partes do mundo, ao invés de fornecedores locais. A relação entre *fluxos* e *atividades* já foi descrita, a seguir são explicadas as relações entre *fluxos* e os outros dois elementos do *framework*.

- *Atores*: por um lado, a mudança nos fluxos altera os atores. A intensidade e a multidirecionalidade dos dados, por exemplo, atraem novos atores que têm *expertise* em extrair valor dos dados. Foi visto que empresas como Google e Amazon podem vir a entrar na cadeia, assim como a IBM entrou. Por outro lado, a emergência de atores atuando como proprietários de plataformas, por exemplo, faz com que as transferências deixem de ser em apenas uma direção (fornecedor/agricultor) e passem a ser multidirecionais (fornecedor/plataforma/agricultor/outros).
- *Governança*: por um lado, a mudança nos fluxos altera a governança. A captura e distribuição de dados, requer o estabelecimento de regras em relação à sua propriedade e segurança, para que o agricultor não seja lesado. Por outro lado, as mudanças na governança causam alterações nos fluxos. Os contratos embasados em resultado, por exemplo, resultam em mudanças nos fluxos financeiros, uma vez que o pagamento dos serviços não será realizado antes.

A mudança no elemento *atores* foi bastante evidente no estudo de caso. Há uma mudança do elenco (em razão da entrada de *agtechs* e de grandes companhias de outros setores), os atores tradicionais da cadeia passam a

exercer outros papéis (de provedores de plataformas) e novas competências (relacionadas a análise de dados e aprendizagem continuada) são exigidas. A relação de atores com *atividades* e *fluxos* já foi explicada, a seguir é descrita a relação entre *atores* e *governança*.

- **Governança:** por um lado, a mudança nos atores altera a governança. O posicionamento de grandes *players* como *hubs* das transações feitas entre agricultores e fornecedores, por exemplo, permite que eles venham a definir as formas de relacionamentos e as regras da cadeia. Por outro lado, as mudanças nas regras afetam os atores. O estabelecimento de padrões interoperáveis, por exemplo, viabiliza a entrada de diferentes atores na cadeia, alterando o elenco.

O Quadro 10 resume essas relações, com os exemplos discutidos.

Quadro 10 - Exemplos das relações entre os elementos do *framework*

		Impactados pela mudança			
		Atividades	Fluxos	Atores	Governança
Causadores da mudança	Atividades		O uso de sensores nas máquinas agrícolas e a conectividade aumentam a intensidade dos fluxos de dados e permitem que eles fluam em diversas direções ao mesmo tempo.	Soluções que auxiliam no gerenciamento das fazendas requerem novas competências dos atores tradicionais, atraem novos atores e alteram os papéis dos participantes.	Os novos serviços, contínuos e embasados em soluções integradas alteram os contratos.
	Fluxos	A disponibilidade de dados viabiliza sistemas de manutenção preditiva, alterando a forma de se fazer manutenção.		A intensidade e a multidirecionalidade dos dados atraem novos atores que têm expertise em extrair valor dos dados.	A captura e distribuição de dados requer o estabelecimento de regras em relação à sua propriedade e segurança, para que o agricultor não seja lesado.
	Atores	A entrada das <i>agtechs</i> , com diversas soluções específicas para o produtor muda a forma de as empresas fazerem P&D.	A emergência de atores atuando como proprietários de plataformas faz com que as transferências deixem de ser em apenas uma direção para serem multidirecionais.		O posicionamento de grandes <i>players</i> como <i>hubs</i> das transações feitas entre agricultores e fornecedores, permite que eles definam as formas de relacionamentos e as regras da cadeia.
	Governança	Os padrões de interoperabilidade permitem a comunicação entre máquinas e maior automação das atividades.	Os contratos embasados em resultado resultam em mudanças nos fluxos financeiros.	O estabelecimento de padrões interoperáveis viabiliza a entrada de diferentes atores na cadeia, alterando o elenco.	

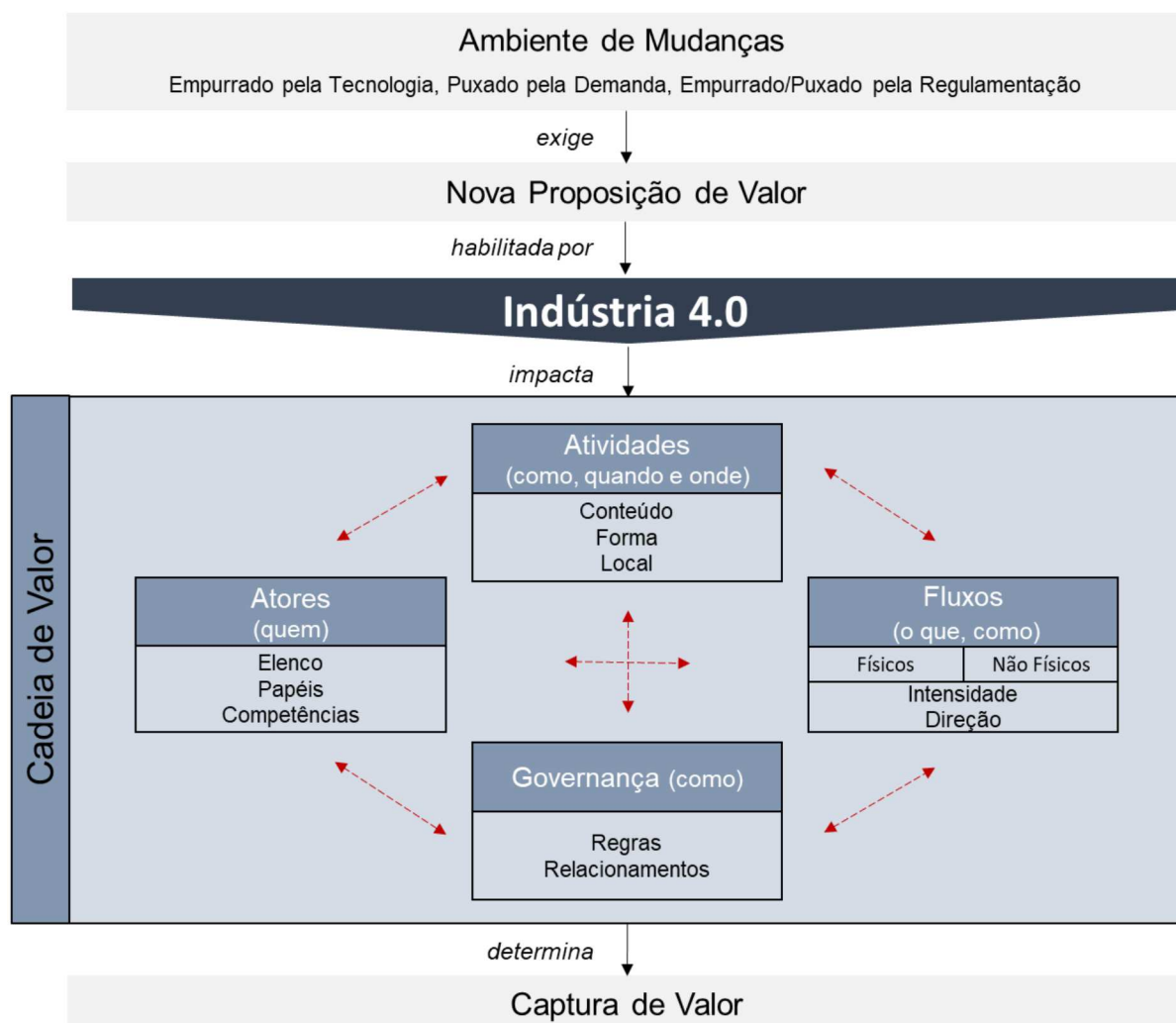
Fonte: Elaborado pela autora.

Entende-se que a discussão dessas relações ajuda a compreender os impactos da I4.0 na cadeia. Contudo, é importante deixar claro, que a intenção da autora não foi chegar a relações generalizáveis entre os elementos. Dado que as cadeias são diferentes entre si, é importante a discussão dos relacionamentos específicos à cadeia de valor em análise.

4.2.2.4 Versão F3 do Artefato

O estudo de caso na cadeia de valor da agricultura mostrou que o F2 é adequado para discutir os impactos da I4.0 na cadeia de valor. Foram identificadas, entretanto, duas necessidades de mudança: inclusão de 'competências' como um atributo do elemento *atores*, e mudança do nome do atributo 'grau de automação' do elemento *atividades*, para 'forma'. A Figura 24 mostra o *framework* em sua nova versão – F3.

Figura 24 - Versão F3 do artefato



Fonte: Elaborada pela autora.

Em razão da inserção do atributo 'competências', foi elaborada uma nova tabela com os elementos e atributos do artefato, a Tabela 25.

Tabela 25 - Elementos e atributos do *framework* – F3

Elemento	Atributo	Questão	Relação com impactos da I4.0 citados na literatura
Atividades	Conteúdo	Como a I4.0 impacta o que a atividade realiza?	- Mudança no conteúdo das atividades tradicionais da cadeia
	Forma	Como a I4.0 impacta a forma como as atividades são realizadas?	- Atividades sendo executadas sem, ou com pouca interferência humana
	Local	Como a I4.0 impacta onde a atividade é realizada?	- Repatriação das atividades de manufatura - Intensificação da divisão do trabalho internacionalmente
Fluxos	Direção	Como a I4.0 impacta a direção das transferências na cadeia?	- Troca de dados em todos os sentidos
	Intensidade	Como a I4.0 impacta a quantidade e frequência das transferências na cadeia?	- Substituição de fluxos físicos por dados, encurtando a cadeia de valor
Atores	Elenco	Como a I4.0 impacta quem participa da criação de valor?	- Aumento do número de atores - Desintermediação da cadeia de valor
	Papéis	Como a I4.0 impacta o papel exercido pelos atores na cadeia?	- Co-criação - Co-operação
	Competências	Como a I4.0 impacta as competências dos indivíduos e organizações da cadeia?	- Capacidade analítica - Capacidade de aprender continuamente
Governança	Relacionamentos	Como a I4.0 impacta os relacionamentos com os clientes e outros atores da cadeia?	- Relacionamento contínuo com o cliente - Cadeias de valor dinâmicas - Produção em redes - Virtualização da cadeia de valor - Novos tipos de contratos
	Regras	Como a I4.0 impacta as regras para participar na criação de valor?	- Padrões e interfaces interoperáveis

Fonte: Elaboração da autora.

Além dessas modificações foi desenvolvido um breve procedimento (Apêndice C) para guiar os usuários na utilização do *framework*. O guia é resultado do desdobramento da Ação 16 da análise da percepção dos especialistas, realizada no capítulo 4.2.1.

A versão F3 foi submetida à avaliação de especialistas, em um grupo focal.

4.3 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

Este capítulo mostra o resultado da avaliação do artefato, versão F3, realizada através de um grupo focal, com nove participantes. Na primeira parte é feita a análise das colocações do grupo. Depois é apresentada a versão final do *framework*, resultante dessa fase da pesquisa.

4.3.1 Análise da Avaliação do Artefato pelo Grupo Focal – Versão F4

A pesquisadora realizou uma apresentação de cerca de 20 minutos sobre o artefato e solicitou aos participantes que analisassem sua utilidade, qualidade e eficácia. O evento foi filmado e o filme carregado para o software Atlas TI®. Ao todo, 18 trechos do filme foram marcados e codificados *in vivo*, gerando 27 códigos. Esses códigos foram categorizados de acordo com a crítica realizada. A qualidade do artefato foi questionada em 23 colocações, sendo o aspecto mais relevante, portanto. Quatro questionamentos se referiram à utilidade e nenhuma foi feita com relação à eficácia. Entende-se que a razão disso é que, de fato, como o propósito do *framework* é gerar aprendizado, a eficácia somente pode ser avaliada com o uso do artefato. A seguir são analisadas as observações sobre utilidade do artefato.

4.3.1.1 Utilidade

Com relação à utilidade, os pontos questionados pelos especialistas foram: a capacidade de o artefato identificar os impactos da I4.0 em diferentes cadeias, o seu nível de abstração e seu propósito. A seguir cada ponto é avaliado.

Foi levantada a dúvida se o *framework* seria útil para avaliar diferentes cadeias, com empresas em diferentes estágios de aplicação da I4.0, ou mesmo diferentes países. O Profissional 4 questionou:

O framework é genérico? [...] Como é que fica a adaptação do framework numa cadeia em que, por exemplo, só alguém que está na manufatura, ou só alguém que está no fornecimento de componentes, está usando essas tecnologias?

Como já colocado na delimitação de pesquisa, a análise dos impactos da I4.0 se refere às mudanças no processo de criação de valor percebidas e esperadas pelos usuários do artefato em relação à cadeia em questão. Nesse sentido, não há qualquer limitação em relação ao estado em que a cadeia se encontra. O estudo de caso realizado, por exemplo, mostrou que os elementos do *framework* foram adequados e suficientes para discutir os impactos da I4.0 na cadeia de valor da agricultura. Não se focou em culturas específicas, nem

em países, pois o objetivo foi buscar elementos discutidos em todas as cadeias. Assim, se um produtor de tomates de um pequeno país da África desejar analisar os impactos da I4.0 na cadeia de valor do tomate, ele poderá utilizar o *framework*, uma vez que, como qualquer cadeia, esta tem *atividades, atores, fluxos e governança*.

Por outro lado, foi questionado se o artefato não estaria muito genérico, num nível muito alto de abstração para conseguir captar os impactos da I4.0 na cadeia. O Profissional 5 colocou:

Um framework muito amplo... a complexidade das cadeias pode deixá-lo inábil para isso [analisar os impactos da I4.0]. Está muito aberto, por exemplo, na agricultura, na indústria automotiva, tu vais ter complexidades totalmente diferentes, atores totalmente diferentes. Ele tem aderência a tudo? Talvez não, e não há problema em não ter.

Entende-se que a generalidade é premissa para que o artefato proposto nesta tese seja útil. Um *framework* específico para determinada cadeia teria uma contribuição limitada para o problema de pesquisa, que consiste na ausência de uma estrutura que guie as empresas e governos na discussão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor. O nível alto de abstração evita peculiaridades, permitindo que qualquer organização possa se beneficiar da estrutura. Possibilita, ainda, a comparação dos resultados da análise de diferentes cadeias, o que é útil para companhias que participam de diferentes cadeias, para governos e para pesquisadores. Todos os impactos da I4.0 discutidos na literatura, nos exemplos dados pelos especialistas e no estudo de caso, puderam ser captados pelos elementos e atributos definidos. Isso não significa que o artefato seja ótimo, e que existam garantias de que todos os impactos da I4.0 em todas as cadeias poderão ser captados por ele, mas mostra a adequação do artefato ao seu propósito.

Com relação ao objetivo do *framework*, alguns especialistas entenderam que ele se propõe a uma análise limitada, pois retrata uma dada situação, sem indicar os precedentes, nem as ações resultantes da análise. O Profissional 1 comentou:

[...] a minha expectativa era a de que o framework proposto de certa forma conduzisse ao entendimento da realidade atual [...] da cadeia de valor que estiver sob análise, e também com o raciocínio de qual seria a trajetória de mudança.

Em primeiro lugar é importante ressaltar que o propósito do artefato é gerar aprendizado sobre as transformações na cadeia de valor e não definir uma trajetória tecnológica para uma determinada empresa. Ele consiste em uma estrutura para discussões dos impactos futuros da I4.0. A pergunta central é: ‘como a I4.0 pode mudar a cadeia em que atuamos?’. Essa análise poderá ser feita tantas vezes quantas o usuário desejar, com diferentes grupos, visando criar uma visão alinhada e concisa das mudanças. O processo de discussão estruturado permite o compartilhamento das diferentes perspectivas sobre as transformações, gerando aprendizado para os participantes. Assim, o resultado não será uma visão determinística de ‘como’ a I4.0 impacta a cadeia, mas a compreensão sobre o fenômeno, o que deixará os profissionais mais conscientes e preparados para a definição de estratégias relativas à transformação digital. Em segundo lugar, presume-se que o estado atual das atividades, fluxos, atores e governança da cadeia seja conhecido pelos usuários do *framework*. Por esse motivo, a pergunta a ser feita em cada atributo é ‘o que muda?’.

Ainda sobre o propósito, o Profissional 6 questionou se para discutir a transformação não seria mais útil a lógica do ‘Oceano Azul’. A expressão foi cunhada por Kim e Maugborne (2004) num artigo na HBR para se referir à estratégia de criar ambientes onde não haja competição. O argumento dos autores é de que as empresas não deveriam focar suas estratégias na sua indústria, onde a competição é alta e a possibilidade de ganhos é reduzida. Para eles, criar algo disruptivo, que extrapole as ideias tradicionais de competição é o caminho a ser seguido. Entende-se que o *framework* é, na verdade, um instrumento que auxilia na geração do conhecimento para criar as estratégias de ‘oceano azul’. Isto porque ele propõe uma discussão além indústria, e não limitada ao que o mercado já oferece. Ao debater o ambiente de mudanças e as novas propostas de valor que podem ser criadas para melhor atender ao cliente já se extrapola a noção do foco no que existe. A discussão dos impactos da I4.0 nos elementos *atividades, atores, fluxos* e

governança, leva a uma maior compreensão da dinâmica do valor na cadeia, o que é relevante para pensar como criar os ‘oceanos azuis’.

Analisando as colocações do grupo, percebe-se que houve dúvidas em relação à utilidade do *framework*. Contudo, depois de alguns debates, os participantes entenderam que o artefato é útil, mas que a sua representação não estava adequada. Isso leva aos comentários sobre a qualidade.

4.3.1.1 Qualidade

Ao avaliar a qualidade do artefato, o grupo focal criticou sua aparência linear e estática, a necessidade de clareza sobre a operacionalização do seu uso e a ausência de alguns aspectos importantes. A seguir, cada uma dessas críticas é avaliada.

Boa parte da discussão do grupo foi a respeito da necessidade de representar de forma mais sistêmica o artefato. Os especialistas disseram que por se tratar de um *framework* para discutir transformação, sentiram falta de uma característica mais dinâmica nele. Na fala da Profissional 3.

[...] tu falas bastante em transformação, e na minha leitura isso é um processo sistêmico. Se ele é sistêmico, a própria captura de valor vai influenciar o ambiente de mudanças, então acho que tem que ter um desenho que represente isso.

A pesquisadora concordou com essa colocação. Ao descrever a transformação da cadeia de valor da agricultura percebeu-se que, se por um lado o processo de criação de valor determina a captura de valor, por outro é a expectativa de uma maior apropriabilidade do valor gerado que leva os atores a engajarem-se no processo de criação, desenvolvendo novas propostas de valor. Assim, trabalhou-se na versão F4 para melhorar a ilustração, como pode ser visto na próxima seção deste capítulo.

Na mesma linha, o Profissional 1 sugeriu que a pesquisadora se embasasse no conceito de ‘sistemas de valor’ de Porter (1985), que vai além das fronteiras da firma. O especialista citou o artigo de Porter e Heppelmann (2014) como uma referência para o impacto da I4.0 nos sistemas de valor. Nesse texto, os autores falam em ‘sistemas de sistemas’, construto usado para mostrar que do foco no produto as empresas passam a focar em sistemas

muito mais amplos, envolvendo diversos atores e fazendo desaparecer as fronteiras entre as indústrias. A pesquisadora não só concordou com esse enfoque, como o utilizou no desenvolvimento do artefato. Contudo, preferiu-se o termo ‘cadeia de valor’ porque ele é mais utilizado no meio empresarial e acadêmico, o que torna a compreensão do artefato mais fácil.

Para além da representação sistêmica, alguns comentários foram feitos sobre a operacionalização do uso do artefato. Um comentário diz respeito à ordem da análise dos elementos, e outro à hierarquia entre eles. Com relação à ordem, foi relatado que não está claro por onde começar, que o artefato não conduz o usuário de uma forma visível, fluida. Nas palavras do Profissional 2: “[...] os *steps* não estão claros para mim [...] vamos fazer um *workflow* nesse negócio.”

No que se refere à hierarquia, os participantes relataram sentir falta de uma indicação de grau de relevância entre os elementos. A Profissional 3 fez a seguinte colocação:

Uma coisa que me incomoda, dentro do quadrinho azul [representação da cadeia de valor] todo mundo está igual: atividades, atores [...]. Eu acho que são dimensões diferentes, todos influenciam, mas em dimensões distintas.

Na análise realizada no estudo de caso, a pesquisadora seguiu uma ordem: discutiu primeiro as *atividades*, depois *fluxos*, *atores* e *governança*. Essa ordem, não por acaso, é a mesma em que os elementos apareceram na literatura. O conceito de cadeia de valor surgiu embasado nas *atividades*, que consistem em processos através dos quais entradas são transformadas em saídas de valor para o cliente. Ao longo do tempo, outras ‘camadas’ de análise da estrutura subjacente ao processo de criação de valor foram se tornando importantes. A relevância dos *fluxos* ficou evidente a partir do uso mais intensivo das TICs. Já os *atores* tornaram-se fundamentais na medida em que a criação de valor passou a depender cada vez mais de redes. Por fim, com o aumento do número de atores, a discussão de *governança* passa a ser ainda mais relevante. Para a análise dos impactos da I4.0, todas essas dimensões são relevantes, porque constituem a cadeia de valor. Não se vê, portanto, necessidade de criar uma hierarquia. Ainda assim, entende-se que iniciar pelo

elemento *atividades* faz sentido, porque elas continuam sendo centrais no processo de criação de valor, e torna o ‘exercício’ mais fácil, pela provável maior familiaridade dos usuários com esse elemento. Nesse sentido, a pesquisadora realizou alterações no artefato para melhorar a sua usabilidade.

Surgiram ainda dúvidas com relação a três aspectos que, na opinião de alguns participantes, deveriam estar representados, mas, após a análise da pesquisadora, não geraram necessidade de alteração do artefato. O primeiro diz respeito ao ‘Ambiente de Mudanças’. O Profissional 9 comentou que sentiu falta do aspecto ‘pressão da concorrência’. Na sua experiência um dos direcionadores da aplicação de novas tecnologias é a concorrência (‘se eu não fizer meu concorrente vai fazer’), os direcionadores da aplicação de novas tecnologias são as novas propostas de valor. Esse fator é classificado por Rennings (2000) na discussão de mudanças ‘puxadas’ pela demanda, necessidades do mercado. Pode aparecer, ainda, na análise das mudanças ‘empurradas’ pela tecnologia, quando, por exemplo, as tecnologias viram a transformação ocorrida em outro setor em razão da utilização de novas tecnologias.

O segundo aspecto levantado foi onde estariam os recursos no *framework*. O Profissional 2 colocou:

Para mim falta algo fundamental que é o que eu vou chamar de recursos, que tu chamaste de competências. É mais do que competências. [...] Eu gosto da palavra recursos, porque recursos é uma linguagem empresarial forte. E quando eu invisto um recurso eu tenho que dizer qual é o ROI e payback desse negócio.

A pesquisadora entendeu que a análise de retorno sobre investimento é relevante para a definição de estratégias de digitalização. Contudo, lembrou ao grupo em questão que o propósito do *framework* não é determinar que investimentos são necessários para a transformação, nem se eles são rentáveis. Explicou que os recursos que, ao longo do processo de desenvolvimento do artefato, se mostraram relevantes para a análise dos impactos da I4.0 na cadeia de valor, foram as competências das organizações e das pessoas. Competências é um atributo do elemento *atores*.

O último questionamento foi em relação à infraestrutura. Referindo-se à necessidade de Internet de qualidade e com boa cobertura, o Profissional 5

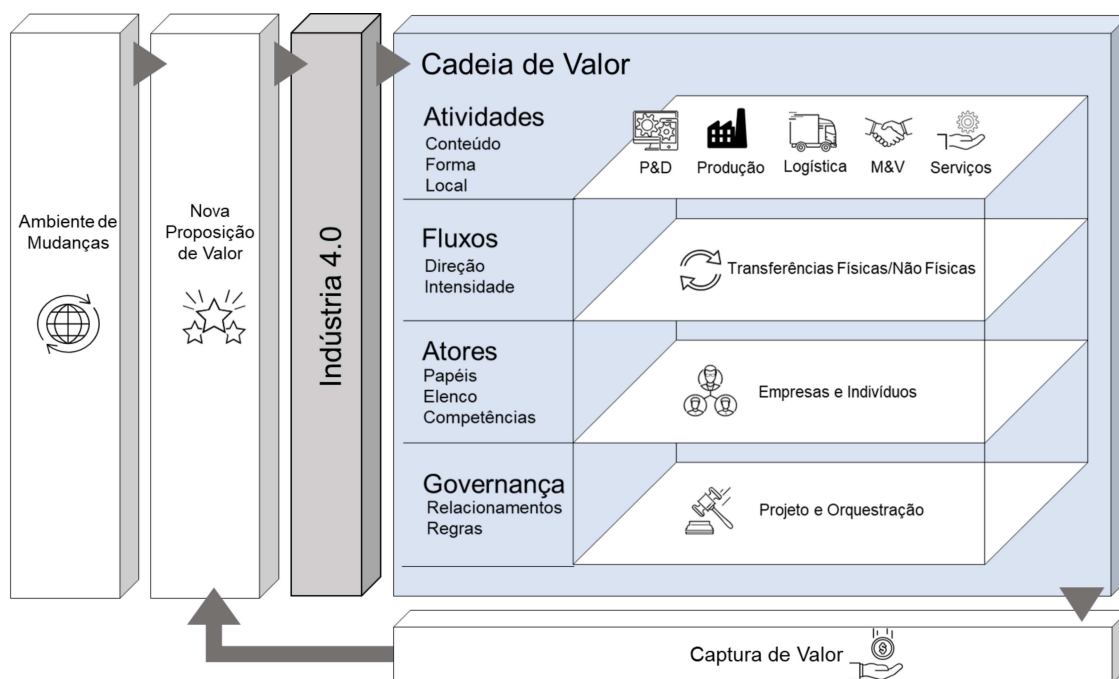
ressaltou que a discussão sobre infraestrutura deveria ser feita no *framework*. A pesquisadora concorda com a relevância do tema, mas entende que não há necessidade de uma entidade específica para isso no artefato. Por ser um requisito para algumas tecnologias da transformação digital, esse aspecto deve ser discutido quando forem analisados os conceitos e tecnologias da I4.0 aplicados à cadeia em questão.

A avaliação feita pelo grupo focal se mostrou importante para identificar fragilidades do artefato. Boa parte das colocações apontaram para a necessidade de uma melhor ilustração do *framework* e geraram a versão final, F4, apresentada na próxima seção. A partir dessa versão, entende-se que o artefato está pronto para ser utilizado. É claro que o seu uso trará novos *insights*, e poderá, ainda, resultar em modificações.

4.3.1.2 Versão F4 do Artefato

A partir das colocações do grupo focal, buscou-se uma nova forma de representar o artefato. A Figura 25 mostra a quinta e última versão do artefato.

Figura 25 - Versão F4 do artefato



Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que a ilustração agora conduz a análise na horizontal, da esquerda para a direita, ao invés de ser na vertical, de cima para baixo. Como o grupo focal ressaltou a necessidade de tornar a usabilidade do artefato mais simples, a pesquisadora buscou formas de representação que pudessem ser mais ‘amigáveis’ para os usuários. Para tanto, a pesquisadora embasou-se numa sugestão dada em uma apresentação do trabalho feita para as turmas de Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS,) da Unisinos, em outubro de 2019. Uma das participantes – *designer* – havia sugerido a mudança de direção da análise, da vertical para horizontal. Além disso, foram colocadas setas, indicando a sequência de análise.

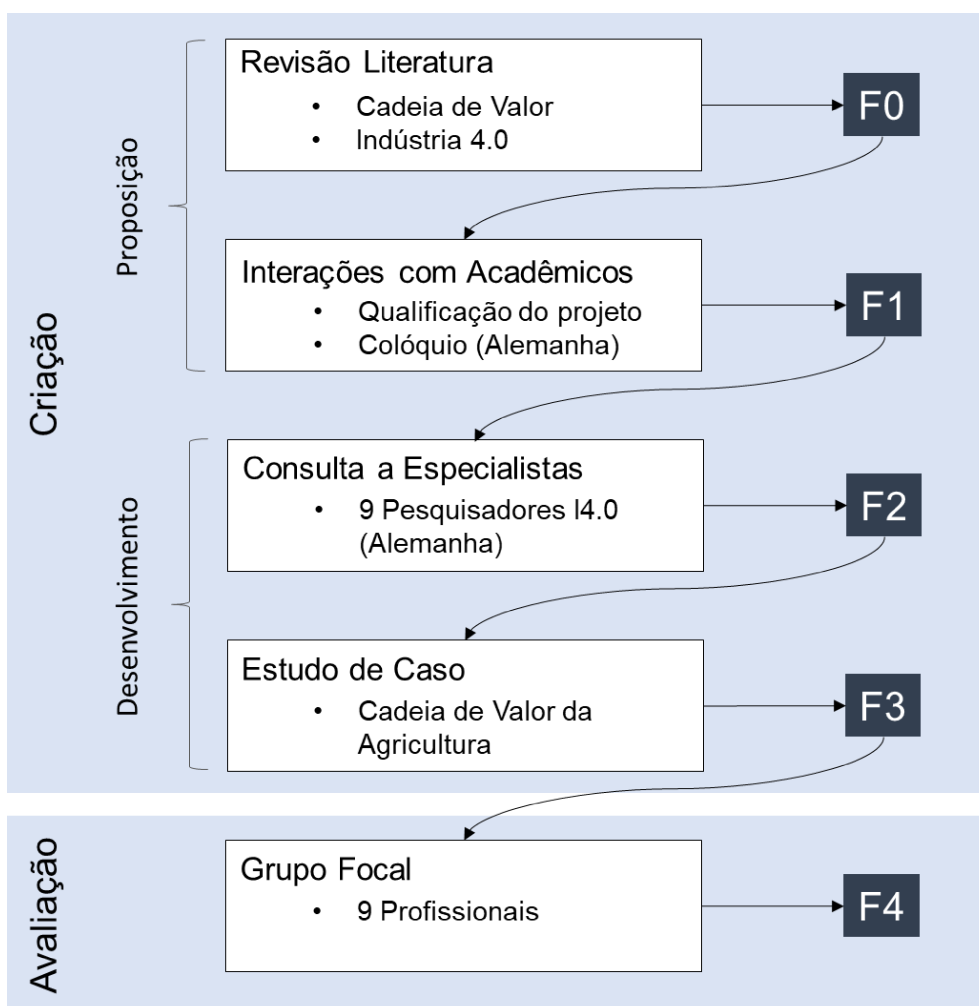
Outra alteração relevante foi posicionar os elementos da cadeia de valor em camadas, com *atividades* sendo a primeira a ser analisada, e a *governança*, a última, representando a base do processo de criação de valor. Além disso, no elemento *atividades*, foram incluídas as principais atividades mencionadas por Porter e Heppelmann nos artigos em que falam sobre os impactos do produto conectado na competição e na cadeia de valor (PORTER; HEPPELMANN, 2014, 2015). Uma breve descrição de cada elemento foi inserida.

Para mostrar que a transformação é sistêmica, uma seta de retroalimentação foi inserida, ligando o bloco Captura de Valor ao bloco Nova Proposição de Valor. A seta indica que ao compreender como o valor é capturado em razão das mudanças na criação de valor, os atores criam novas propostas, aplicando novos conceitos e tecnologias da I4.0, que, por sua vez impactam novamente o processo de criação de valor. Assim, a ideia de que a transformação é contínua fica explícita no artefato.

Além dessas mudanças, alterou-se o procedimento de como utilizar o *framework* (APÊNDICE D – Guia de Uso do *Framework APÓS GRUPO FOCAL*). Nele se colocou o novo artefato e foi inserido mais um passo explicando que a análise deverá ser realizada sempre que houver mudanças importantes na cadeia.

O Capítulo 4 desta tese foi dedicado a mostrar o processo de criação e avaliação do artefato. Ao todo, cinco versões foram criadas, a última, F4 é a final. A Figura 26 resume o processo.

Figura 26 - Resumo do processo de criação e avaliação do artefato



Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se que boa parte da atividade de pesquisa foi focada na criação do *framework*. Isso foi resultado das interações com os especialistas na Alemanha, que sugeriram que, em razão da complexidade e abrangência do tema, algumas atividades que estavam inicialmente planejadas como avaliação, fossem utilizadas para a criação. Entende-se que essa abordagem foi adequada, pois o processo de criação com várias etapas forneceu, ao mesmo tempo, subsídios para melhorias substanciais no artefato, e segurança a respeito dos seus elementos estruturais. Ao longo do desenvolvimento do artefato pode-se perceber que os conceitos centrais identificados na revisão de literatura se mantiveram. Os atributos desses elementos sofreram várias alterações como resultado da avaliação dos especialistas e algumas com o estudo de caso. Já a etapa de avaliação não resultou em alterações em conteúdo, sugerindo que os fundamentos foram suficientemente trabalhados

durante a criação do artefato. Contudo, gerou alterações relacionadas à forma e representação do *framework*, o que é relevante para a sua usabilidade. De acordo com Strauss e Corbin (2008) foi atingida a saturação, ou seja, dados novos não exigem mudanças nos conceitos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A I4.0 é um novo paradigma dos sistemas produtivos, que vem transformando as cadeias de valor. Diante da intensa discussão na mídia sobre o tema, as empresas entendem que precisam agir, mas têm dificuldades em estabelecer suas estratégias. Existem diversas ferramentas que discutem o grau de maturidade da digitalização e novos modelos de negócios associados à I4.0. Esses instrumentos, focados na firma, não captam a abrangência e a complexidade do fenômeno. Antes da definição de estratégias relacionadas à transformação digital, empresas e governos precisam compreender o impacto da I4.0 em toda a estrutura subjacente ao processo de criação de valor. Apesar de existirem textos que propõem efeitos da transformação digital nas cadeias de valor, entende-se que, como as cadeias são complexas e dependentes do contexto, cada uma se transformará de uma maneira específica. Assim, instrumentos que auxiliem na discussão estruturada sobre como a criação de valor muda no contexto da I4.0 são mais adequados.

Essa tese utilizou-se da DSR para propor um *framework* que possa ser utilizado pelas organizações na discussão estruturada e sistemática sobre as mudanças em qualquer cadeia de valor. A DSR foi escolhida porque é orientada à resolução de problemas, aproximando teoria e prática (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Ao mesmo tempo, o resultado da pesquisa contribui para o avanço dos estudos da área porque propõe algo novo embasado no conhecimento existente. A pesquisa foi conduzida em duas etapas: criação e avaliação do artefato.

A criação foi constituída por dois procedimentos de proposta e dois de desenvolvimento do *framework*. A proposição inicial (F0) embasou-se na literatura sobre cadeias de valor e I4.0, da qual foram extraídos os elementos que compõem a estrutura da cadeia, a saber: *atividades, fluxos, atores e governança*. Esses elementos constituem-se diferentes camadas de análise do processo de criação de valor. Na literatura eles são discutidos de forma individual, por diferentes autores. No artefato foram trazidos de forma conjunta, como diferentes dimensões de um mesmo objeto: a cadeia de valor. Os quatro elementos permaneceram imutáveis no artefato, ao longo do processo de

desenvolvimento, evidenciando a consistência da revisão da literatura realizada.

A primeira proposta do *framework* foi modificada a partir de interações com acadêmicos gerando uma nova versão do artefato (F1). As interações apontaram para a necessidade de criação de atributos para cada um dos elementos. As transformações do processo de criação de valor discutidas na literatura sobre I4.0, foram abstraídas em atributos⁷⁷. Diferentemente dos elementos, os atributos sofreram diversas modificações ao longo do processo de desenvolvimento. Isto porque como o tema I4.0 ainda é recente, os textos falam em efeitos específicos, e o processo de abstração desses conceitos é, necessariamente, tentativo, requerendo diversas iterações.

A partir da proposição teórica, buscou-se desenvolver o *framework* através de dados empíricos. Os dois procedimentos – avaliação por especialistas e estudo de caso – permitiram uma abordagem profunda a respeito dos constituintes do artefato. A avaliação de especialistas em I4.0 na Alemanha proporcionou a discussão de cada elemento e atributo, bem como dos procedimentos utilizados na pesquisa. Essa etapa resultou em importantes modificações nos atributos, na inserção de três blocos de análise: o *ambiente de mudanças* e a *nova proposição de valor*, a serem discutidos antes de entrar na discussão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor, e a *captura de valor*, bloco essencial para se obter uma visão mais ampla da transformação da cadeia. Como resultado, a versão F2 do artefato foi criada e utilizada como estrutura na coleta e análise dos dados no estudo de caso.

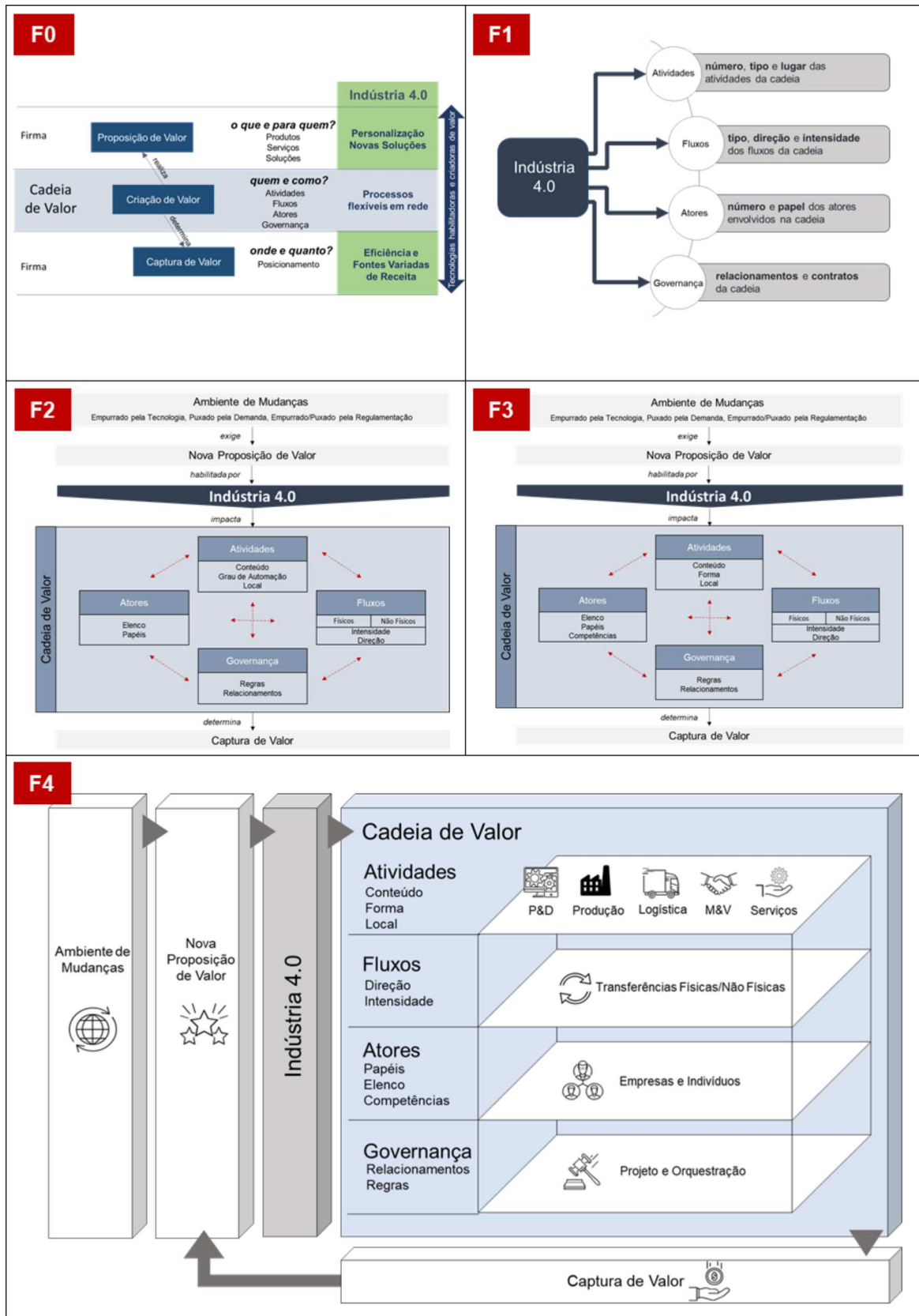
O estudo de caso realizado teve um papel importante porque constituiu-se na aplicação do *framework* para descrever os impactos da I4.0 já percebidos e esperados na cadeia de valor da agricultura. Por um lado, mostrou que as entidades definidas são adequadas, pois através delas foi possível se obter uma visão de como a I4.0 está transformando essa cadeia. Ao mesmo tempo, o estudo resultou na inserção do atributo ‘competências’ no elemento *atores* e na modificação do nome do atributo ‘grau de automação’ para ‘forma’, no elemento *atividades*. Com as mudanças realizadas, que resultaram na versão

⁷⁷ Por exemplo: o aumento da participação do cliente no processo de criação (co-criação) discutido na literatura, significa uma mudança no papel exercido por esse ator, o que levou à criação do atributo ‘papéis’ no elemento *atores*.

F3, pode-se dizer que os constituintes do *framework* são suficientes, pois todas as mudanças descritas pelos profissionais entrevistados e pelos dados secundários foram captadas por eles.

A avaliação do *framework* foi feita através de um grupo focal com profissionais de mercado conhecedores do tema I4.0, bem como pesquisadores de inovação, estratégia e gestão de tecnologia. Ela trouxe diversas contribuições, principalmente a respeito da forma de apresentação do artefato, gerando modificações que foram apresentadas na sua quinta e última versão (F4). A Figura 27 sumariza as cinco versões do artefato:

Figura 27 - As cinco versões do *framework*



Fonte: Elaborada pela autora.

O resultado da pesquisa responde à questão que guiou o trabalho: ‘como analisar os impactos da I4.0 na cadeia de valor?’. A resposta é: através do *framework* proposto, que considera questões contextuais e conduz a discussão da transformação de diferentes elementos da cadeia, bem como de seus efeitos na captura de valor. O processo de pesquisa permitiu a definição de uma estrutura genérica, com alto nível de abstração, de forma que ela não contém especificidades de nenhuma cadeia. Nesse sentido, acredita-se que o artefato poderá ser utilizado para analisar os impactos da I4.0 em qualquer cadeia.

Duas são as contribuições desta pesquisa para o meio acadêmico. A primeira diz respeito ao corpo de estudos sobre cadeia de valor. A segunda refere-se aos métodos de trabalho do DSR.

Para o campo de estudo sobre cadeias de valor o *framework* desenvolvido contribui de duas formas. Primeiro, ele constitui-se numa abordagem de análise da cadeia em quatro dimensões – *atividades, fluxos, atores e governança*. Até onde vai o conhecimento da pesquisadora, nenhuma proposta descritiva ou prescritiva da literatura aborda a cadeia de valor considerando os quatro elementos conjuntamente. Ao propor a análise das quatro dimensões, o *framework* permite uma visão mais profunda da cadeia de valor. A outra contribuição diz respeito ao artefato produto desta tese ter um novo objetivo de análise da cadeia de valor: a sua transformação. Nesse sentido, não se trata de um diagnóstico de uma cadeia como ela é, mas sim das mudanças nas suas dimensões causadas por um fenômeno. Tradicionalmente a análise da cadeia de valor é utilizada com foco desempenho e competitividade. O construto foi concebido por Porter (1985, p.33) para “[...] entender o comportamento dos custos e as fontes existentes e potenciais de diferenciação.”⁷⁸. O artefato desenvolvido nesta pesquisa tem o objetivo de auxiliar as organizações a entender como a I4.0 transforma a cadeia.

Outra contribuição desta tese para a academia é o método de trabalho criado como parte da metodologia DSR. Foi desenvolvida uma forma sistemática para analisar as entrevistas com especialistas, que garante que

⁷⁸ Tradução livre da autora. “[...] to understand the behavior of costs and the existing and potential sources of differentiation.”.

todos os pontos levantados sejam devidamente avaliados, gerando mudanças no processo de pesquisa, no documento ou mesmo no artefato. Esse método resulta em transparência das alterações realizadas e pode ser replicado em qualquer estudo.

Empresas e governos que desejarem discutir e aprender sobre a transformação digital de determinadas cadeias têm, no *framework* aqui apresentado, uma estrutura que irá conduzi-los de forma sistemática a esse fim. O ‘exercício’ poderá ser realizado por meio de *workshops* com os profissionais responsáveis por definir estratégias relacionadas à I4.0. O resultado não será uma visão determinística de como o fenômeno impacta as cadeias, mas o processo deixará os profissionais mais conscientes e preparados para partir para a definição, na esfera privada, de estratégias empresariais e, na esfera pública, de políticas industriais. Essa análise poderá ser feita tantas vezes quantas a organização desejar, com diferentes grupos, visando criar uma visão alinhada e concisa das mudanças em curso ou futuras.

5.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Diversos cuidados foram tomados no sentido de garantir a confiabilidade e validade dos resultados, mas as limitações existem e precisam ser ressaltadas. A principal limitação diz respeito ao uso de estudo de caso único na fase de desenvolvimento do artefato. O artefato se mostrou adequado e suficiente para analisar as transformações que já estão em curso, bem como as que são esperadas na cadeia de valor da agricultura. Contudo, apesar dos procedimentos anteriores terem se embasado em cadeias genéricas, não se pode garantir que o artefato desempenhe igualmente bem em todas as cadeias. A aplicação em mais de uma cadeia daria, assim, mais robustez ao artefato proposto.

Outra limitação diz respeito ao fato de a pesquisadora ter realizado sozinha todas as etapas da pesquisa, o que pode trazer viés no desenvolvimento do artefato. Para reduzir essa limitação, ao longo da pesquisa foram feitas diversas interações com outros acadêmicos e com profissionais com reconhecido conhecimento na área. Ainda assim, a participação de outros

pesquisadores enriqueceria o processo de criação reduzindo a possibilidade de visões pessoais interferirem nos resultados obtidos.

Finalmente, uma terceira limitação diz respeito ao fato de não ter sido realizada uma avaliação do artefato em uso. A pesquisadora optou pela avaliação estática em razão de limitações de recursos e porque os procedimentos de criação foram variados e permitiram a saturação teórica. Ainda assim, certamente a utilização do *framework* no mundo real traria contribuições importantes com relação à sua utilidade, qualidade e eficácia.

O resultado desta tese deve ser encarado como uma entrega de um processo contínuo. O tema em questão é relevante, complexo e dinâmico, constituindo-se um objeto adequado não apenas para um projeto, mas para um programa de pesquisa. Nesse sentido, a seção a seguir trata das sugestões para trabalhos futuros.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados da tese e as limitações mencionadas, foram identificadas algumas oportunidades de pesquisas futuras que possam contribuir para o estudo da transformação digital das cadeias de valor. Como já mencionado, entende-se que uma abordagem mais adequada do tema seria feita por um conjunto de projetos interrelacionados. Pelos menos duas linhas de pesquisa são evidentes oportunidades na visão da pesquisadora. Uma diz respeito a compreender se o *framework*, de fato, gera aprendizado e auxilia as organizações na definição de estratégias. A outra está relacionada ao uso do artefato para outros fins.

Na primeira linha sugere-se:

- Avaliar o *framework* no mundo real por meio de *workshops* conduzidos pelos usuários (empresas e governos) e observados por pesquisadores. Isso trará informações sobre a usabilidade do artefato. Ao mesmo tempo, para compreender a sua eficácia, é relevante que, ao final do ‘exercício’, seja feita uma avaliação com os participantes para compreender se o *framework* gerou aprendizado.

- Realizar estudos de acompanhamento das empresas e governos no processo de utilização do artefato e de definição de estratégias relacionadas à I4.0. Isso evidenciará o quanto o ‘exercício’ na prática contribui para os usuários.
- Realizar estudos com empresas que utilizaram o artefato, e empresas que não utilizaram e comparar o entendimento dos profissionais sobre a transformação digital da(s) cadeia(s) de valor de que participam. Isso auxiliaria a compreender o quanto o uso do *framework* faz a diferença.

Com relação ao uso do artefato para outros fins, as sugestões são:

- Realizar estudos comparativos entre as transformações de diferentes cadeias, para avaliar se o *framework* pode trazer contribuições teóricas ao processo de transformação de valor, tais como: relacionamentos entre os elementos; tendências de governança da cadeia; competências necessárias; entre outros. Esses estudos podem resultar em proposições e/ou hipóteses sobre a I4.0, que podem ser testadas por novas pesquisas.
- Pesquisar os impactos da I4.0 em cadeias de valor semelhantes de diferentes países – em situações totalmente diferentes. Isso pode trazer informações relevantes sobre o efeito da digitalização na divisão internacional do trabalho.
- Investigar outros fenômenos utilizando o artefato. No lugar da I4.0 poderiam ser inseridos outros fenômenos (tais como a revolução da biotecnologia, a globalização, entre outros). Entende-se que há a oportunidade de compreender se os diferentes elementos e atributos do artefato são adequados para discutir impactos de outros eventos na cadeia. Acredita-se que isso representaria um avanço importante no campo de estudo de cadeias de valor.

Além das duas linhas identificadas, outras pesquisas mais específicas poderiam ser realizadas. Uma possibilidade seria utilizar o bloco ‘cadeia de valor’ do artefato, para comparar os construtos de cadeia de valor e ecossistemas, por exemplo. Outra, seria, através da DSR, desenvolver um

método para transformar o conhecimento adquirido com o uso do artefato, em decisões no processo de definição estratégica.

As sugestões aqui dadas são, obviamente, não exaustivas. Constituem-se apenas exemplos de como o trabalho conduzido nesta tese pode servir de inspiração para que se possa continuamente desenvolver o conhecimento sobre os temas tratados. A I4.0 é um fenômeno relevante e complexo, e parece dever dos pesquisadores envolver-se com ele, não apenas com o objetivo de contribuir com a ciência, como também visando impactar direta e positivamente a realidade. Esta tese teve este propósito.

REFERÊNCIAS

ACCENTURE. **Digital Agriculture: Improving profitability**. 2017. Disponível em: <https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Digital_3/Accenture-Digital-Agriculture-Point-of-View.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.

ADAM, U. **'Farming 4.0' at the farm gates**. 2016. Disponível em: <<https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/opinion/farming-4-0-digital-technology-at-the-farm-gates/>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

ADNER, R. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. **Journal of Management**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 39–58, 2017.

ADNER, R.; KAPOOR, R. Value Creation in Innovation Ecosystems: How the Structure of Technological Interdependence Affects Firm Performance in New Technology Generations. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 31, p. 306–333, 2010.

AGARWAL, N.; BREM, A. Strategic business transformation through technology convergence: implications from General Electric's industrial internet initiative. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 67, n. 2/3/4, p. 196, 2015.

AGRO-OFFICE. **About us**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.agro-office.com/en/about-us/>>. Acesso em: 6 jan. 2020.

ALLEE, V. Reconfiguring the value network. **Journal of Business Strategy**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 36–39, 2000.

ANCARANI, A.; DI MAURO, C.; MASCALI, F. Backshoring strategy and the adoption of Industry 4.0: Evidence from Europe. **Journal of World Business**, [s. l.], v. 54, n. 4, p. 360–371, 2019.

ANDERSON, C. **A Cauda Longa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

ANG, J. H. et al. Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. **Energies (19961073)**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1–13, 2017. Disponível em: <<http://10.0.13.62/en10050610>>

ANG, J. H.; GOH, C.; LI, Y. Smart design for ships in a smart product through-life and industry 4.0 environment. **2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2016)**, [s. l.], n. May, p. 5301–5308, 2016.

ARNER, D. W.; BARBERIS, J.; BUCKLEY, B. P. The Evolution of Fintech: A New Post-Crisis Paradigm? **University of Hong Kong Faculty of Law Research Paper**, [s. l.], v. 2015/047, p. 1689–1699, 2015.

ARNOLD, C.; KIEL, D.; VOIGT, K.-I. How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries. **International Journal of Innovation Management**, [s. l.], v. 20, n. 08, p. 1640015, 2016.

AUGIER, M.; TEECE, D. J. (EDS.). **The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management**. [s.l.] : Palgrave Macmillan, 2018.

AUSCHITZKY, E.; HAMMER, M.; RAJAGOPAL, A. **How big data can improve manufacturing**, McKinsey & Company Inc., 2014. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/how-big-data-can-improve-manufacturing>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

BAHETI, R.; GILL, H. Cyber-physical systems. In: SAMAD, T.; ANNASWAMY, A. M. (Eds.). **The Impact of Control Technology**. [s.l.] : IEEE Control Systems Society, 2011. p. 161–166.

BARNEY, J. **Firm Resources and Sustained Competitive Advantage**, 1991.

BARRERA, L. **Number of U.S. Farms Declines While Size of Farms Increases**. 2018. Disponível em: <www.farm-equipment.com/articles/15960-number-of-us-farms-declines-while-size-of-farms-increases%0ANumber>. Acesso em: 12 dez. 2019.

BASF. **BASF launches Maglis, a new online platform to help farmers improve crop management**. 2016. Disponível em: <<https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2016/03/p-16-140.html>>. Acesso em: 10 out. 2019.

BAUR, C.; WEE, D. **Manufacturing's next act**, McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

BAYER. **Belgique Bayer launches new Digital Farming brand xarvio™**. 2017. Disponível em: <<https://www.bayer.be/fr/medias/communications/bayer-launches-new-digital-farming-brand-xarvio.php>>. Acesso em: 12 out. 2019.

BAYER. **Bayer Annual Report 2018**. 2018. Disponível em: <<https://www.bayer.com/en/bayer-annual-report-2018.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

BAYER. **Bayer lança um novo programa de relacionamento com o agricultor e apresenta o primeiro marketplace para o agronegócio brasileiro**. 2019. Disponível em: <<https://www.bayer.com.br/midia/sala-de-imprensa/crop-science/releases/bayer-lanca-um-novo-programa-de-relacionamento-com-o-agricultor-e-apresenta-o-primeiro-marketplace-para-o-agronegocio-brasileiro.php>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BEECHAM RESEARCH. **Enabling The Smart Agriculture Revolution - The Future of Farming through the IoT Perspective**. 2016. Disponível em: <<http://www.beechamresearch.com/download.aspx?id=1051>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

BENJAMIN, R.; WIGAND, R. T. Electronic Markets and Virtual Value Chains on the Information Superhighway: New Links in the Value Chain. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 62–72, 1995.

BEZANSON, A. The Early Use of the Term Industrial Revolution. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 343–349, 1922.

BINKHUYSEN, A. B.; GRAAF, D. De. **How Industry 4.0 will affect the traditional organizational value chain**, Deloitte, 2018. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/manufacturing/articles/how-industry-4-0-will-affect-the-traditional-organizational-value-chain.html#>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BLANCHET, M. et al. **Industry 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed**. 2014.

BOSCH. **CAN Specification Version 2.0**. 1991. Disponível em: <<http://esd.cs.ucr.edu/webres/can20.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2019.

BOWMAN, C.; AMBROSINI, V. Value Creation versus Value Capture: Towards a Coherent Definition of Value in Strategy. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 11, p. 1–15, 2000.

BOYCE, B. **2017 Census of Agriculture: An aging farm population but with optimism**. 2019. Disponível em: <<https://www.agdaily.com/insights/census-of-agriculture-aging-farmers/>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

BRANDENBURGER, A. M. Porter's added value: High indeed! **Academy of Management Executive**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 58–60, 2002.

BRANDENBURGER, A. M.; STUART, H. W. Value-based business strategy. **Journal of Economics & Management Strategy**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 5–24, 1996.

BRAUN, A. T.; COLANGELO, E.; STECKEL, T. Farming in the Era of Industrie 4.0. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 72, p. 979–984, 2018.

BRESNAHAN, F.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies “Engines of growth”? **Journal of Econometrics**, [s. l.], v. 65, p. 83–108, 1995.

BRETTEL, M. et al. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 37–44, 2014.

BRUNO, F. D. S. **A Quarta Revolução Industrial do Setor Têxtil e de Confecção: a Visão de Futuro para 2030**. 1. ed. ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016. v. 1ª ed.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The Second Machine Age**. New York: W. W. Norton & Company, 2016.

CANALTECH. **O que é API**. [s.d.]. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/software/o-que-e-api/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

CARPENTER, J. “The Old John Deere” Makes Way For New Tech With

Precision Farming Platforms. **Forbes**, [s. l.], n. March, 2017.

CEMA. **Farming 4.0: the future of agriculture?**, European Agricultural Machinery, 2016. Disponível em: <<https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/infographic/farming-4-0-the-future-of-agriculture/>>. Acesso em: 6 maio. 2019.

CEMA. **Digital Farming: What does It Really Mean?**, European Agricultural Machinery, 2017. Disponível em: <<https://www.cema-agri.org/position-papers/254-digital-farming-what-does-it-really-mean>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CHAHAL, H.; KUMARI, N. Consumer perceived value: The development of a multiple item scale in hospitals in the Indian context. **International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 167–190, 2001.

CHALMERS, A. F. **O Que é Ciência Afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

CHANG, W. L.; GRADY, N. **Big Data Interoperability Framework: Volume 1, Definitions**, National Institute of Standards and Technology, 2015. Disponível em: <<https://www.nist.gov/publications/nist-big-data-interoperability-framework-volume-1-definitions>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CHEN, C. L. Value Creation by SMEs Participating in Global Value Chains under Industry 4.0 Trend: Case Study of Textile Industry in Taiwan. **Journal of Global Information Technology Management**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 120–145, 2019.

CHEN, F. et al. Virtual reality for digital user experience and interactive learning based on user satisfaction: A pilot study. **Proceedings - 2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCSI 2016**, [s. l.], v. 1, p. 374–377, 2017.

CHEN, H.; CHIANG, R. H. L.; STOREY, V. C. Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. **Mis Quarterly**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 1165–1188, 2012.

CHIARELLO, F. et al. Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 100, n. February, p. 244–257, 2018.

CHOTTANI, A. et al. **Distraction or disruption? Autonomous trucks gain ground in US logistics**, McKinsey & Company, 2018. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/industries/travel-transport-and-logistics/our-insights/distraction-or-disruption-autonomous-trucks-gain-ground-in-us-logistics>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CHOU, H. H.; ZOLKIEWSKI, J. Coopetition and value creation and appropriation: The role of interdependencies, tensions and harmony. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 70, n. October 2016, p. 25–33, 2018.

CHRISTENSEN, C. M.; ROSENBLOOM, R. S. Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics, and the value network. **Research Policy**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 233–257, 1995.

CLAVER, H. **Use of drones in biological pest control increasing**, Future Farming, 2019. a. Disponível em: <<https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/8/Use-of-drones-in-biological-pest-control-increasing-463038E/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CLAVER, H. **Agrobot takes strawberry harvesting robots to US**, Future Farming, 2019. b. Disponível em: <<https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/7/Agrobot-takes-strawberry-harvesting-robots-to-US-453399E/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CLIMATE FIELDVIEW. **Climate FieldView™ Drive Overview and Installation**. 2019. Disponível em: <<https://climatefieldview.ca/features/get-your-data-in-one-place>>. Acesso em: 5 jan. 2020.

COGO, C. **Censo Agropecuário IBGE 2017 - Resultados Preliminares 2002, 2018**.

COHEN, D. A próxima revolução verde já está acontecendo. **Revista Exame**, [s. l.], n. Maio, 2019.

CONAB. **Custos de Produção Agrícola**. 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custos.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Desafios para indústria 4.0 no brasil. **CNI**, Brasília, p. 34, 2016.

COTTELEER, M.; SNIDERMAN, B. **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>. Acesso em: 26 fev. 2020.

D'AVENI, R. A.; GUNTHER, R. **Hypercompetition: Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering**. [s.l.] : The Free Press, 1994.

DALENOGARE, L. S. et al. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 204, n. July, p. 383–394, 2018.

DAVENPORT, T. H.; BARTH, P.; BEAN, R. How “Big Data” Is Different. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], n. Fall, p. 1–6, 2012.

DAVENPORT, T. H.; WESTERMAN, G. Why So Many High-Profile Digital Transformations Fail. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. March 09, p. 2–6, 2018.

DAVENPORT, T.; MARCHAND, D. **Is KM just good information management?** 2001. Disponível em:

<http://providersedge.com/docs/km_articles/is_km_just_good_information_management.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2020.

DE LA BOUTETIÈRE, H.; MONTAGNER, A.; REICH, A. **Unlocking success in digital transformations**, McKinsey & Company, 2018. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/unlocking-success-in-digital-transformations?_lrsc=6f6e9270-299b-43f6-8909-12da4c085403&source=SNS-13040&utm_source=linkedin&utm_medium=elevate>. Acesso em: 26 fev. 2020.

DEANE, P. **The first industrial revolution**. Second Edi ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1979.

DEKKER, H. C. Value chain analysis in interfirm relationships: A field study. **Management Accounting Research**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–23, 2003.

DELMOND, M.-H. et al. How Information Systems Enable Digital Transformation: A Focus on Business Models and Value Co- Production. **The IUP Journal of Business Strategy**, [s. l.], v. XIV, n. 3, 2017.

DELOITTE. **Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**, Deloitte, 2015.

Disponível em:

<<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

DELOITTE. **The fourth industrial revolution is here: Are you ready?**,

Deloitte, 2018. Disponível em:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/Industry4-0_Are-you-ready_Report.pdf; https://www.forbes.com/forbes-insights/wp-content/uploads/2018/01/Deloitte-FourthIndustrialRev_REPORT_FINAL-WEB.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

DIAS, C. N.; JARDIM, F.; SAKUDA, L. O. (EDS.). **Radar Agtech Brasil 2019: Mapeamento das Startups do Setor Agro Brasileiro**, Embrapa, SPVentures, Homo Ludens, 2019.

DICKSON, D.; ELIAZ, S.; HUSSAIN, A. **The future of agrochemicals. Capturing value through innovation, resourcefulness, and digital alchemy**, Deloitte, 2019. Disponível em:

<<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-eri-future-of-agrochemicals.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

DORSCH, J. **Agricultural IoT: Outstanding in the field**. 2016. Disponível em: <<https://semiengineering.com/ag-iot-outstanding-in-the-field/>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUKE UNIVERSITY. **Global Value Chains Initiative**. [s.d.]. Disponível em:

<<https://globalvaluechains.org/concept-tools>>. Acesso em: 31 maio. 2018.

DW. **What's the environmental impact of agriculture?** 2019. Disponível em: <<https://www.dw.com/en/whats-the-environmental-impact-of-agriculture/av-50284684>>. Acesso em: 1 jan. 2020.

EDELMAN, D. C. Branding in the digital age: You're spending your money in all the wrong places. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 88, n. 12, 2010.

EDELMAN, D. C.; SINGER, M. Competing on customer journeys. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 2015, n. November, 2015.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

EISENMANN, T.; PARKER, G.; ALSTYNE, M. W. Van. Strategies for Two-Sided Markets. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 84, n. 10, p. 12, 2006.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034: O futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

EMBRAPA. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMMY KOELEMAN. **Microsoft: "Great potential for AI in agriculture "**, Future Farming, 2018. Disponível em: <<https://www.futurefarming.com/Smartfarmers/Articles/2018/9/Microsoft-Great-potential-for-AI-in-agriculture-331961E/%0AAccessed>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

ENGLAND, J. **Samsung Pay now lets you opt-out of selling your data to third parties**. 2020. Disponível em: <<https://www.androidcentral.com/samsung-pay-now-lets-you-opt-out-selling-your-data-third-parties>>. Acesso em: 29 jan. 2020.

ESMAEILIAN, B.; BEHDAD, S.; WANG, B. The evolution and future of manufacturing: A review. **Journal of Manufacturing Systems**, [s. l.], v. 39, p. 79–100, 2016.

EURACTIV. **EU Farming Getting Smarter**. 2017. Disponível em: <<https://euractiv.eu/wp-content/uploads/sites/2/special-report/EURACTIV-Special-Report-2017.03-EU-farming-getting-smarter-1.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

EUROPEAN COMMISSION. **Factories of the Future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020**. 2013. Disponível em: <https://www.effra.eu/sites/default/files/factories_of_the_future_2020_roadmap.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **"Advancing Manufacturing - Advancing Europe"**, European Commission, 2014. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/advancing-manufacturing-advancing-europe-report-task-force-advanced-manufacturing-clean>>. Acesso

em: 26 fev. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Digitising European Industry Reaping the full benefits of a Digital Single Market**, European Commission, 2016. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-digitising-european-industry-reaping-full-benefits-digital-single-market>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects**, European Commission, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

EUROPEAN PARLIAMENT. **Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers - Potential Support with the CAP 2014-2020**. 2014. Disponível em: <[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL-AGRI_NT(2014)529049)>. Acesso em: 20 jan. 2020.

FAO. **The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050**, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

FARMS.COM. **Crop Scouting**. 2019. Disponível em: <<https://www.farms.com/precision-agriculture/crop-scouting/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

FASSE, A.; GROTE, U.; WINTER, E. **Value chain analysis methodologies in the context of environment and trade research**. Hannover: Leibniz Universität Hannover, 2009.

FENN, J.; LEHONG, H. **Hype Cycle for Emerging Technologies**. Stamford.

FERRANTINO, M. J.; KOTEN, E. E. Understanding Supply Chain 4.0 and its potential impact on global value chains. In: WORLD TRADE ORGANIZATION (Ed.). **Technological innovation, supply chain trade, and workers in a globalized world**. Geneva. p. 103–119.

FONSECA, M. **Startup de drones na agricultura recebe aporte milionário**. 2019. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/pme/startup-de-drones-na-agricultura-recebe-aporte-milionario/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

FRANK, A. G. et al. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], n. January, p. 0–1, 2019.

FRASBASILE, D. **Bayer lança marketplace de insumos agrícolas e programa de fidelidade para produtores**. 2019. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2019/10/bayer-lanca-marketplace-de-insumos-agricolas-e-programa-de-fidelidade-para-produtores.html>>. Acesso em: 1 out. 2019.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The Economics of Industrial Innovation**. London

and New York: Routledge, 1997.

FROW, P.; PAYNE, A. A stakeholder perspective of the value proposition concept. **European Journal of Marketing**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 223–240, 2011.

GADALLA, M.; XUE, D. Recent advances in research on reconfigurable machine tools: a literature review. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 55, n. 5, p. 1440–1454, 2017.

GALBRAITH, J. A. Y. R. Organization Design: an information processing view. **Interfaces**, [s. l.], v. 4, n. 3, 1974.

GALERA, V. **Campo consegue produzir mais com menos insumos**. 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,campo-consegue-produzir-mais-com-menos-insumos,70003098477>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

GANDOMI, A.; HAIDER, M. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International Journal of Information Management**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 137–144, 2015.

GEISBERGER, E. et al. Cyber-Physical Systems_Driving force for innovation in mobility, health, energy and production. **acatech Position Paper**, [s. l.], n. December, 2011.

GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Building the digital enterprise**, PwC, 2016. Disponível em: <<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

GEREFFI, G. The Organization of Buyer-Driven Global Commodity Chains: How US Retailers Shape Overseas Production Networks. In: GEREFFI, G.; KORZENIEWICZ, M. (Eds.). **Commodity Chains and Global Capitalism**. [s.l.] : ABC-CLIO, 1994. p. 95–122.

GEREFFI, G. et al. Introduction: Globalization, Value Chains and Development. **IDS Bulletin**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 1–8, 2001.

GEREFFI, G. Beyond the producer-driven/buyer-driven dichotomy: The evolution of global value chains in the internet era. **IDS Bulletin**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 30–40, 2001.

GEREFFI, G.; HUMPHREY, J.; STURGEON, T. J. The governance of global value chains. **Review of International Political Economy**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 78–104, 2005.

GHOBAKHLOO, M. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 910–936, 2018.

GIBSON, M.; ARNOTT, D. The Use of Focus Groups in Design Science Research. In: ACIS 2007 PROCEEDINGS 2007, **Anais...** [s.l.: s.n.]

- GIEREJ, S. The Framework of Business Model in the Context of Industrial Internet of Things. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 182, p. 206–212, 2017.
- GONZALEZ-USACH, R. et al. Interoperability in IoT. In: **Handbook of Research on Big Data and the IoT**. [s.l.] : IGI Global, 2019. p. 149–173.
- GÖTZ, M.; JANKOWSKA, B. Clusters and Industry 4.0 – do they fit together? **European Planning Studies**, [s. l.], v. 25, n. 9, p. 1633–1653, 2017.
- GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning and Presenting Design Science Resesarch for Maximum Impact. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013.
- GRÖNROOS, C.; VOIMA, P. Critical service logic: Making sense of value creation and co-creation. **Journal of the Academy of Marketing Science**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 133–150, 2013.
- GUIDI, L. Bringing Farms to Cities. **Science- Innovation Union Review**, [s. l.], n. March, 2017. Disponível em: <<http://science-union.org/articlelist/2017/3/29/bringing-farms-to-cities>>. Acesso em: 8 jan. 2020.
- GUMMERUS, J. Value creation processes and value outcomes in marketing theory: Strangers or siblings? **Marketing Theory**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 19–46, 2013.
- GUSTAFSON, M. A look into John Deere farm sight. **Agri Marketing**, [s. l.], n. July/August, 2014.
- HANNAH, D. P.; EISENHARDT, K. M. How firms navigate cooperation and competition in nascent ecosystems. **Strategic Management Journal**, [s. l.], n. November 2015, p. 1–30, 2018.
- HARDY, Q. **IBM to Acquire the Weather Company - The New York Times**. 2015. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2015/10/29/technology/ibm-to-acquire-the-weather-company.html>>. Acesso em: 23 dez. 2019.
- HEAVIN, C.; POWER, D. J. Challenges for digital transformation–towards a conceptual decision support guide for managers. **Journal of Decision Systems**, [s. l.], v. 27, p. 38–45, 2018.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Working Paper**, Dortmund, n. 01, p. 16, 2015.
- HESS, T. et al. Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. **MIS Quarterly E**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 123–125, 2019.
- HEVNER, A. R. et al. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.
- HUMPHREY, J.; MEMEDOVIC, O. Global value chains in the agrifood sector. **United Nations Working Paper - V.05-91450**, [s. l.], 2006.

HUMPHREY, J.; SCHMITZ, H. Governance in Global Value Chains. **IDS Bulletin**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 19–29, 2001.

HUXTABLE, J.; SCHAEFER, D. On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 52, p. 46–51, 2016.

IBM. **Watson Decision Platform for Agriculture: AI-driven insights for the agriculture ecosystem**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibm.com/downloads/cas/PRJL6ZW4>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

IBM. **Da fazenda ao prato: IBM ajuda a transformar a agricultura e a indústria de alimentos na América Latina**. 2019. Disponível em: <<https://www.ibm.com/blogs/ibm-comunica/da-fazenda-ao-prato-ibm-ajuda-a-transformar-a-agricultura-e-a-industria-de-alimentos-na-america-latina/>>. Acesso em: 23 dez. 2019.

JACOBIDES, M. G.; CENNAMO, C.; GAWER, A. Towards a theory of ecosystems. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 39, n. 8, p. 2255–2276, 2018.

JACOBIDES, M. G.; KNUDSEN, T.; AUGIER, M. Benefiting from innovation: Value creation, value appropriation and the role of industry architectures. **Research Policy**, [s. l.], v. 35, n. 8 SPEC. ISS., p. 1200–1221, 2006.

JERRATSCH, J. et al. **Growing on Data: The new go-to-market reality in agriculture**, The Boston Consulting Group - BCG, 2018. Disponível em: <<https://www.bcg.com/publications/2018/growing-on-data-new-go-to-market-reality-agriculture.aspx>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

JOHN DEERE. **Sobre a Empresa**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/a-nossa-empresa/sobre-john-deere/>>. Acesso em: 21 dez. 2019a.

JOHN DEERE. **Doing Business with Us**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.deere.com/en/our-company/about-john-deere/doing-business-with-us/dealers/>>. Acesso em: 23 dez. 2019b.

JOHN DEERE. **John Deere Opens the MyJohnDeere Platform to Collaborating Software Developers and Companies**. 2013. Disponível em: <https://www.deere.com/en_US/corporate/our_company/news_and_media/press_releases/2013/corporate/2013nov14_corporaterelease.page>. Acesso em: 5 jun. 2019.

JOHN DEERE. The silicon prairie cutting-edge tech down on the farm. **John Deere Journal**, [s. l.], n. 11, 2016. a. Disponível em: <https://johndeerejournal.com/2016/11/silicon-prairie/?cid=LNK_JDJ_enUS_ReadMore_SiliconPrairie>. Acesso em: 6 jun. 2019.

JOHN DEERE. **John Deere opens data platform to other software suppliers**. 2016b. Disponível em: <https://www.deere.com.au/en_AU/our_company/news_and_media/press_rele

ases/2016/aug/John-Deere-opens-data-platform.page>. Acesso em: 6 jun. 2019.

JOHN DEERE. **Folheteria Tecnologia em Agricultura de Precisão John Deere**, 2018. a. Disponível em: <JohnDeere.com.br>

JOHN DEERE. **Expert Alerts Animation - John Deere**. 2018b. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=yFnMhMhipXA>>. Acesso em: 5 dez. 2019.

JOHN DEERE. **John Deere Investor Presentation Dec19/Jan20**. 2019. Disponível em: <https://s22.q4cdn.com/253594569/files/doc_presentations/2019/12/Investor-Presentation_Dec19-Jan20.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

KAGERMANN, H.; LUKAS, W.-D.; WAHLSTER, W. **Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution**. 2011. Disponível em: <<http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**, Acatech, 2013. Disponível em: <<https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

KANG, H. S. et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.

KANS, M.; INGWALD, A. Business Model Development Towards Service Management 4.0. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 47, p. 489–494, 2016.

KAPLINSKY, R.; MORRIS, M. A HANDBOOK FOR VALUE CHAIN. **Institute for Development Studies: Brighton, UK**, [s. l.], n. September, p. 4–7, 2000.

KAPOOR, R. Collaborating with complementors: What do firms do? **Advances in Strategic Management**, [s. l.], v. 30, p. 167–194, 2014.

KESTENBAUM, R. What Are Online Marketplaces And What Is Their Future? **Forbes**, [s. l.], p. 1–5, 2017.

KIEL, D. et al. The Impact of the Industrial Internet of Things on Established Business Models. **International Association for Management of Technology IAMOT 2010 Proceedings**, [s. l.], n. August, p. 673–695, 2016.

KIM, W. C.; MAUGBORGNE, R. Blue Ocean Strategy. **HBR**, [s. l.], n. October, 2004.

KING, A. The Future of Agriculture. **Nature**, [s. l.], v. 544, n. April 27, p. 21–23, 2017.

- KIRSCH, C.; TROXLER, P.; ULICH, E. Integration of people, technology and organization: The European approach. **Advances in Human Factors/Ergonomics**, [s. l.], v. 20, n. B, p. 957–961, 1995.
- KLINGENBERG, C. O.; BORGES, M. A. V.; ANTUNES, J. A. V. Industry 4.0 as a data-driven paradigm: a systematic literature review on technologies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], 2019.
- KOBAYASHI-SOLOMON, E. **AgTech: A Great Investment For The Future**, Forbes, 2018. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/erikkobayashisolomon/2018/10/31/agtech-a-great-investment-for-the-future/#42979f3b1a09>>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- KOERHUIS, R. **Claas and John Deere team up in precision agriculture**, Future Farming, 2019. Disponível em: <<https://www.futurefarming.com/Tools-data/Articles/2019/9/Claas-and-John-Deere-team-up-in-precision-agriculture-474389E/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- KOTHANDARAMAN, P.; WILSON, D. T. The Future of Competition: Value-Creating Networks. **Industrial Marketing Management**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 379–389, 2001.
- LANDES, D. **The unbound Prometheus: technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- LANNING, M. J.; MICHAELS, E. G. **A business is a value delivery system**, McKinsey & Company, 1988. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/delivering-value-to-customers>>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- LASI, H. et al. Industry 4.0. **Business and Information Systems Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 239–242, 2014.
- LAZZARINI, S.; CHADDAD, F.; COOK, M. Integrating supply chain and network analyses: The study of netchains. **Journal on Chain and Network Science**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 7–22, 2001.
- LEE, E. A. CPS foundations. In: DESIGN AUTOMATION CONFERENCE (DAC) 2010, **Anais...** [s.l: s.n.]
- LEE, E. A. The past, present and future of cyber-physical systems: A focus on models. **Sensors**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 4837–4869, 2015.
- LEE, I.; SHIN, Y. J. Fintech: Ecosystem, business models, investment decisions, and challenges. **Business Horizons**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 35–46, 2018.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, [s. l.], v. 3, p. 18–23, 2015.

LEPAK, D. P.; SMITH, K. G.; TAYLOR, M. S. Value creation and value capture: A multilevel perspective. **Academy of Management Review**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 180–194, 2007.

LEZOCHÉ, M. et al. Agri-food 4.0: a survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. **Computers in Industry**, [s. l.], v. In press, n. 116, 2020.

LI, Z.; WANG, K.; HE, Y. Industry 4.0 – Potentials for Predictive Maintenance. In: INTERNATIONAL WORKSHOP OF ADVANCED MANUFACTURING AND AUTOMATION (IWAMA 2016) 2016, Manchester, UK. **Anais...** Manchester, UK: Atlantis Press, 2016.

LIAO, Y. et al. Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, [s. l.], v. 55, n. 12, p. 3609–3629, 2017.

LIN, K. C.; SHYU, J. Z.; DING, K. A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 1–17, 2017.

LIU, K. et al. Application modes of cloud manufacturing and program analysis. **Journal of Mechanical Science and Technology**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 157–164, 2017.

LOKERS, R. et al. Analysis of Big Data technologies for use in agro-environmental science. **Environmental Modelling and Software**, [s. l.], v. 84, p. 494–504, 2016.

LORENZ, M. et al. **Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0**, The Boston Consulting Group - BCG, 2016. Disponível em: <<https://www.bcg.com/en-br/publications/2016/lean-manufacturing-operations-time-accelerate-race-toward-industry-4.aspx>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, [s. l.], v. 6, p. 1–10, 2017.

LUSCH, R. F.; VARGO, S. L. Evolving to for Logic Marketing. **The Journal of Marketing**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 1–17, 2004.

MACDONALD, G.; RYALL, M. D. How Do Value Creation and Competition Determine Whether a Firm Appropriates Value? **Management Science**, [s. l.], v. 50, n. 10, p. 1319–1333, 2004.

MAHOOTIAN, F.; EASTMAN, T. E. Complementary frameworks of scientific inquiry: Hypothetico-deductive, hypothetico-inductive, and observational-inductive. **World Futures: Journal of General Evolution**, [s. l.], v. 65, n. 1, p. 61–75, 2009.

MALONE, T. W.; CROWSTON, K. What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems? In: PROCEEDINGS OF THE 1990

ACM CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED COOPERATIVE WORK, CSCW 1990, Los Angeles, USA. **Anais...** Los Angeles, USA

MANYIKA, J. et al. **The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype**, McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology Media and Telecommunications/High Tech/Our Insights/The Internet of Things The value of digitizing the physical world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx)>. Acesso em: 26 fev. 2020.

MANYIKA, J. et al. **Digital Globalization: The New Era of Global Flows**, McKinsey & Company, 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/mgi_digital_globalization.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MARONI, J. R. Com oferta crescente de dados agrícolas, campo vê boom de plataformas digitais. **Gazeta do Povo**, Foz do Iguaçu - PR, p. 1–9, 2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/com-oferta-crescente-de-dados-agricolas-campo-ve-boom-de-plataformas-digitais/>>. Acesso em: 5 jan. 2020.

MARR, B. The Amazing Ways John Deere Uses AI And Machine Vision To Help Feed 10 Billion People. **Forbes**, [s. l.], n. March 15, 2019. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/03/15/the-amazing-ways-john-deere-uses-ai-and-machine-vision-to-help-feed-10-billion-people/>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

MASLARIĆ, M.; NIKOLIČIĆ, S.; MIRČETIĆ, D. Logistics Response to the Industry 4.0: The Physical Internet. **Open Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 511–517, 2016.

MATTERN, F.; FLOERKEMEIER, C. From the Internet of Computers to the Internet of Things. In: SACHS, K.; PETROV, I.; GUERRERO, P. (Eds.). **From Active Data Management to Event-Based Systems and More**. [s.l.] : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. p. 242–259.

MAZAK, A.; HUEMER, C. A standards framework for value networks in the context of Industry 4.0. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, [s. l.], p. 1342–1346, 2016.

MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. Big data: The Management Revolution. **Harvard Business Review**, [s. l.], n. October, p. 1–9, 2012.

MCINTOSH, M. Sprayer drones making headway in Canada. [s. l.], 2019.

MCKINSEY & COMPANY. **Agriculture plays a critical role in limiting the impact of climate change**, McKinsey & Company, 2019.

MCKINSEY QUARTERLY. **As sector borders dissolve, new business ecosystems emerge**, McKinsey & Company, 2017. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/as-sector-borders-dissolve-new-business-ecosystems-emerge>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

MDIC; MCTIC. **Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre a Manufatura Avançada no Brasil: um relato de workshops realizado em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais**, Governo Federal, 2016.

MENTZER, J. T. et al. JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS, Vol.22, No. 2, 2001 1. **Journal of Business**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001.

MERCADO FUTURO. **Entrevista com Eduardo Goerl - Presidente da Arpac**, Canal do Boi, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QNit_XCQ1S0>. Acesso em: 15 dez. 2019.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M.; SALDAÑA, J. **Qualitative Data Analysis**. 3. ed. London, UK: SAGE, 2014.

MIRANDA, J. et al. Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 108, p. 21–36, 2019.

MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J. Applying Blockchain in Industry 4 . 0 Applications. In: 2019 IEEE 9TH ANNUAL COMPUTING AND COMMUNICATION WORKSHOP AND CONFERENCE (CCWC) 2019, Las Vegas, USA. **Anais...** Las Vegas, USA: IEEE, 2019.

MOKYR, J. Are we living in the middle of an industrial revolution? **Economic Review**, [s. l.], v. 82, n. 2, p. 31–44, 1997.

MONTANUS, M. L. **Business Models for Industry 4.0: Developing a framework to determine and assess impacts on business models in the Dutch oil and gas industry**. 2016. Delft University of Technology, Delft - Netherlands, 2016.

MOORE, J. F. A New Ecology of Competition. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 71, n. 3, p. 75–86, 1993.

MOORE, O. **Digitization, Technology, and Farming - Who's Got the Power?** 2019. Disponível em: <<https://foodtank.com/news/2019/02/digitization-technology-farming-who-got-the-power/>>. Acesso em: 5 jan. 2020.

MORGAN, D. L. Focus Group. **Annual Review Sociol**, [s. l.], v. 1, n. 22, p. 129–52, 1996.

MÜLLER-SEITZ, G. et al. Towards Network-based Business Model Innovation – The Example of the SmartFactory. In: EUROPEAN GROUP FOR ORGANIZATIONAL STUDIES - EGOS 2016, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy

NAGY, J. et al. The role and impact of industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain - The case of Hungary. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 3491, p. 25, 2018.

NANRY, J.; NARAYANAN, S.; RASSEY, L. **Digitizing the value chain**, McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/digitizing-the-value-chain>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Controller Area Network (CAN) Overview**. 2019. Disponível em: <<https://www.ni.com/pt-br/innovations/white-papers/06/controller-area-network--can--overview.html>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

NEGRI, E.; FUMAGALLI, L.; MACCHI, M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. **Procedia Manufacturing**, [s. l.], v. 11, p. 939–948, 2017.

NISHIOKA, Y. et al. Design of an ecosystem platform for manufacturing operations using loosely defined standards. **At-Automatisierungstechnik**, [s. l.], v. 64, n. 9, p. 718–728, 2016.

NIST. **Cloud Computing Synopsis and Recommendations**, National Institute of Standards and Technology, 2012. Disponível em: <<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-146/sp800-146.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

NIST. **Strategic R&D Opportunities for 21st Century Cyber-Physical Systems**, National Institute of Standards and Technology, 2013. Disponível em: <<http://events.energetics.com/NIST-CPSWorkshop/downloads.html>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

NORMANN, R.; RAMÍREZ, R. From value chain to value constellation: designing interactive strategy. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 71, n. 4, p. 65–77, 1993.

O'GRADY, M. J.; O'HARE, G. M. P. Modelling the smart farm. **Information Processing in Agriculture**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 179–187, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.05.001>>

OECD. **The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business**, OECD Publishing, 2017. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-next-production-revolution/summary/english_f69a68e9-en>. Acesso em: 26 fev. 2020.

ONDEI, V. Educação sem limites. **Dinheiro Rural**, [s. l.], n. Junho, 2019. Disponível em: <<https://www.dinheirorural.com.br/educacao-sem-limites/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ORMOND, J. G. P. **Glossário de Termos Usados em Atividades Agropecuárias, Florestais e Ciências Ambientais**. 3. ed. [s.l.] : BNDES, 2006.

OSTERWALDER, A. **The Business Model Ontology - A Proposition in a Design Science Approach**. 2004. Université de Lausanne, Lausanne, Switzerland, 2004.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business Model Generation - Inovação em Modelos de Negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

OZTEMEL, E.; GURSEV, S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, [s. l.], n. January, 2018.

PAELKE, V. Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0. environment. In: 19TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION, ETFA 2014 2014, Barcelona, Spain. **Anais...** Barcelona, Spain

PARDEY, P. G. et al. Agricultural R&D is on the move. **Nature**, [s. l.], v. 537, n. September, p. 301–303, 2016.

PAVLA HOSNEDLOVÁ. **Farming's ageing and negativity problem**. 2018. Disponível em: <<https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/farmers-are-ageing-younger-generations-see-agriculture-negatively/%0Axssmmdl>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

PEFFERS, K. et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007.

PENROSE, E. **The Theory of the Growth of the Firm**. Fourth Edi ed. [s.l.] : Oxford University Press, 1959.

PEPPARD, J.; RYLANDER, A. From Value Chain to Value Network: Insights for Mobile Operators. **European Management Journal**, [s. l.], v. 24, n. 2–3, p. 128–141, 2006.

PEREZ, C. **Technological Revolutions and Financial Capital**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2002.

PERLMAN, C. **From product to platform: John Deere revolutionizes farming platforms utilizing an open platform to capture value**. 2017. Disponível em: <<https://digital.hbs.edu/data-and-analysis/product-platform-john-deere-revolutionizes-farming/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

PFISTERER, D.; RADONJIC-SIMIC, M.; REICHWALD, J. Business Model Design and Architecture for the Internet of Everything. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 7, 2016.

PFITZER, D. et al. **How Digital is the Agricultural Equipment Sector? The status of digitalization within the top agricultural players**, Porsche Consulting, 2019.

PHAM, X.; STACK, M. How data analytics is transforming agriculture. **Business**

Horizons, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 125–133, 2018.

PICCAROZZI, M.; AQUILANI, B.; GATTI, C. Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 10, p. 1–24, 2018.

PILLER, F. T.; MOESLEIN, K. From economies of scale towards economies of customer integration: value creation in mass customization based electronic commerce. **Strategies**, [s. l.], n. 31, p. 214–228, 2002.

PIVOTO, D. et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 21–32, 2018.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. **What is Industrie 4.0?** [s.d.]. Disponível em: <<https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. **Digitale Geschäftsmodelle für die Industrie 4.0**, 2019. a.

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0. **Industrie 4.0 hat auch die Landwirtschaft erreicht**. 2019b. Disponível em: <<https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Newsletter/2019/Ausgabe17/2019-17-Autonome-Ernte.html>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

PONTE, S.; STURGEON, T. J. Explaining governance in global value chains: A modular theory building effort. **Review of International Political Economy**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 195–223, 2013.

PORTER, M. E. **Competitive Strategy**. New York: The Free Press, 1980.

PORTER, M. E. **Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance**. New York: The Free Press, 1985.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How Smart , Connected Products Are Transforming Competition. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 92, n. November, 2014.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How Smart, Connected Products are Transforming the Companies. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 1, n. October, 2015.

PORTER, M. E.; MILLAR, V. E. How information gives you competitive advantage. **Harvard Buiness Review**, [s. l.], v. 63, n. 4, p. 149, 1985.

POSADA, J. et al. Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet. **IEEE Computer Graphics and Applications**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 26–40, 2015.

PRAHALAD, C. K.; RAMASWAMY, V. Co-creation experiences: The next

practice in value creation. **Journal of Interactive Marketing**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 5–14, 2004.

PRASHANT, G.; SOMESH, K.; SREE, R. Which Industries Are the Most Digital (and Why)? **Harvard Business Review**, [s. l.], p. 1–6, 2016.

PROVOST, F.; FAWCETT, T. Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. **Big Data**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 51–59, 2013.

RACHINGER, M. et al. Digitalization and its influence on business model innovation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], p. JMTM-01-2018-0020, 2018.

RAYPORT, J. F.; SVIOKLA, J. J. Exploiting the Virtual Value Chain. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 73, n. 6, p. 75–85, 1995.

RENNINGS, K. Redefining innovation — eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 32, p. 319–332, 2000.

REUTERS. **Bayer to spend over 25 billion euros in crop science R & D over 10 years**. 2019. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-bayer-cropscience/bayer-to-spend-over-25-billion-euros-in-crop-science-rd-over-10-years-idUSKBN1WG30G>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

ROBERTS, F. **Farmers lead with IIoT, but can they be more precise?** 2016. Disponível em: <<https://internetofbusiness.com/precision-farming-security-iiot/>>. Acesso em: 30 jan. 2019.

ROLLER, S. **Your Farm in your pocket**. 2019. Disponível em: <<https://thefurrow.co.uk/your-farm-in-your-pocket/>>. Acesso em: 7 set. 2019.

RONG, K. et al. Understanding business ecosystem using a 6C framework in Internet-of-Things-based sectors. **Intern. Journal of Production Economics**, [s. l.], v. 159, n. 2015, p. 41–55, 2015.

RUDTSCH, V. et al. Pattern-based business model development for cyber-physical production systems. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 25, n. C, p. 313–319, 2014.

RÜSSMANN, M. et al. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**, The Boston Consulting Group - BCG, 2015. Disponível em: <https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

RVTV. **Interpretação de dados é a chave para o agricultor do futuro**. 2018. Disponível em: <<https://rvtv.com.br/category/programas/lideranca-agro/page/2/>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

RYMASZEWSKA, A.; HELO, P.; GUNASEKARAN, A. IoT powered servitization of manufacturing – an exploratory case study. **International Journal of**

Production Economics, [s. l.], v. 192, n. October 2015, p. 92–105, 2017.
Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.02.016>>

RYOJI KIMURA; REEVES, M.; WHITAKER, K. **Winning the 20's. The New Logic of Competition**, Boston Consulting Group - BCG, 2019. Disponível em: <<https://bcghendersoninstitute.com/winning-the-20s-the-new-logic-of-competition-7c1500c5a187>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SALESFORCE. **Salesforce**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.salesforce.com/br/>>. Acesso em: 6 fev. 2020.

SANTOS, M.; GLASS, V. (EDS.). **Atlas do Agronegócio: Fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**, Fundação Heinrich Böll, 2018.

SARNI, B. Y. W.; MARIANI, J. O. E.; KAJI, J. **From Dirt to Data. The second green revolution and the Internet of Things**, Deloitte, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/deloitte-review/issue-18/second-green-revolution-and-internet-of-things.html>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SAUER, S. **Agricultura familiar versus agronegócio: a dinâmica sociopolítica do campo brasileiro**, Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

SAUTER, R.; BODE, M.; KITTELBERGER, D. **How Industry 4.0 Is Changing How We Manage Value Creation**, Horváth & Partners Management Consultants, 2015. Disponível em: <https://www.horvath-partners.com/fileadmin/horvath-partners.com/assets/05_Media_Center/PDFs/englisch/Industry_4.0_EN_web-g.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SAVELYEV, A. Contract law 2.0: ‘ Smart ’ contracts as the beginning of the end of classic contract law. **Information & Communications Technology Law**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 116–134, 2017.

SAWHNEY, M.; PARIKH, D. Where Value Lives in a Networked World. **Harvard Business Review**, [s. l.], n. January, p. 79–86, 2001.

SCHEER, A. **Enterprise 4.0 - From disruptive business model to the automation of business processes**. Saarbrücken: AWSi Publishing, 2019. v. 2

SCHILLING, M. A.; STEENSMA, H. K. The use of modular organizational forms: An industry-level analysis. **Academy of Management Journal**, [s. l.], v. 44, n. 6, p. 1149–1168, 2001.

SCHLEIPEN, M. et al. Requirements and concept for Plug-and-Work: Adaptivity in the context of Industry 4.0. **At-Automatisierungstechnik**, [s. l.], v. 63, n. 10, p. 801–820, 2015.

SCHLUND, S.; BAAIJ, F. Describing the Technological Scope of Industry 4.0 - a Review of Survey Publications. **LogForum**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 341–353, 2018.

SCHNEIDER, P. Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field. **Review of Managerial Science**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 803–848, 2018.

SCHUELLER, J.; DEMMEL, M. Agricultural Machinery Engineers Meet in Germany. **Resource**, [s. l.], n. March/April, p. 18–20, 2018.

SCHUH, G. et al. **Industrie 4.0 Maturity Index**. 2017. Disponível em: <www.acatech.de/publikationen/>. Acesso em: 20 mar. 2018.

SCHUH, G.; REUTER, C.; HAUPTVOGEL, A. Increasing Collaboration Productivity for Sustainable Production Systems. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 29, p. 191–196, 2015.

SCHUSTER, R.; NATH, G.; MITJAVILA, L. **Transforming Value Chains in Process Industries with Digital and AI**, 2018. Disponível em: <<https://www.bcg.com/publications/2018/transforming-value-chains-in-process-industries-with-digital-and-ai.aspx>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond**. 2016. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

SEMOLIC, B.; STEYN, P. Industry 4 . 0 Virtual Value Chains and Collaborative Projects. **International Journal of Business and Social Science**, [s. l.], v. VI, n. ix, p. 1–20, 2017.

SHEPHERD, M. et al. Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], n. September, 2018.

SIMON, H. **Administrative Behavior**. Fourth ed. New York - USA: The Free Press, 1976.

SIMON, H. A. Theories of Bounded Rationality. **Decision and Organization**, [s. l.], p. 161–176, 1972.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. London, England: MIT Press, 1996.

SIMON, M. **Robots Wielding Water Knives Are the Future of Farming**. 2017. Disponível em: <<https://www.wired.com/2017/05/robots-agriculture/>>. Acesso em: 15 set. 2019.

SLC AGRÍCOLA. **Relatório Integrado 2018**, SLC Agrícola, 2018.

SLC AGRÍCOLA. **O Melhor da Agricultura - Apresentação para Investidores**, SLC Agrícola, 2019. a.

SLC AGRÍCOLA. **Quem Somos**. 2019b. Disponível em: <<https://www.slcagricola.com.br/quem-somos/>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

SMINIA, H. et al. High value manufacturing: Capability, appropriation, and governance. **European Management Journal**, [s. l.], v. 4, n. 37, p. 516–528, 2018.

SMIT, J. et al. **Industry 4.0**, European Parliament, 2016. Disponível em: <[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2020.

SMITH, J. B.; COLGATE, M. Customer value creation: A practical framework. **Journal of Marketing Theory and Practice**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 7–23, 2007.

SNIDERMAN, B.; MAHTO, M.; COTTELEER, M. J. **Industry 4.0 and manufacturing ecosystems. Exploring the world of connected enterprises**, Deloitte University Press, 2016. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP_2898_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

SOLLITTO, A. **O Plano da Vivo para Conquistar o Agronegócio**. 2019. Disponível em: <<http://www.startagro.agr.br/o-plano-da-vivo-para-conquistar-o-agronegocio/>>. Acesso em: 3 jan. 2020.

SOOSAY, C.; KANNUSAMY, R. Scope for Industry 4.0 in Agri-food Supply Chains. In: KERSTEN, W.; BLECKER, T.; RINGLE, C. M. (Eds.). **The Road to a Digitalized Supply Chain Management**. Berlin, Germany: epubli, 2018.

STABELL, C. B.; FJELDSTAD, Ø. D. Configuring value for competitive advantage: on chains, shops, and networks. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 19, n. 5, p. 413–437, 1998.

STARA. **Projeto de co inovação entre a Stara e a SAP ganha destaque no SAP SAPPHIRE Now**. 2017. Disponível em: <<https://www.stara.com.br/2017/05/23/projeto-de-coinovacao-entre-a-stara-e-a-sap-ganha-destaque-no-sap-sapphire-now/>>. Acesso em: 1 ago. 2019.

STATISTA. **Ranking farm equipment manufacturers**. 2018a. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/461428/revenue-of-major-farm-machinery-manufacturers-worldwide/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

STATISTA. **Market share of the five largest fertilizer companies worldwide as of 2018**. 2018b. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/950498/market-share-largest-fertilizer-companies-worldwide/>>. Acesso em: 21 dez. 2019.

STATISTA. **John Deere's R&D spending 2015-2018**. 2019. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/466569/research-and-development-spending-of-john-deere/>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, [s. l.], v. 40, n. lcc, p. 536–541, 2016.

STRANGE, R.; ZUCHELLA, A. Industry 4.0, global value chains and international business. **Multinational Business Review**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 174–184, 2017.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

STURGEON, T. J. How Do We Define Value Chains and Production Networks? **IDS Bulletin**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 9–18, 2001.

STURGEON, T. J.; VAN BIESEBROECK, J.; GEREFFI, G. Value chains, networks and clusters: Reframing the global automotive industry. **Journal of Economic Geography**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 297–321, 2008.

SUNG, T. K. Industry 4.0: A Korea perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], 2017.

SWANSON, J. **How we are using AI**. 2019. Disponível em: <<https://enterpriseproject.com/article/2019/2/ai-how-bayer-crop-science-uses>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

TABRIZI, B. et al. Digital Technology is Not About Technology. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. March 13, p. 2–7, 2019.

TAE, C. W.; JACOBIDES, M. G. How value migrates within an industry architecture: Kingpins, bottlenecks, and evolutionary dynamics. **Academy of Management Annual Meeting Proceedings**, [s. l.], p. 1, 2012.

TAO, F.; ZHANG, M. Digital Twin Shop-floor: A New Shop-floor Paradigm towards Smart Manufacturing. **IEEE Access**, [s. l.], v. 5, 2017.

TAYLOR, D. H. Value chain analysis: an approach to supply chain improvement in agri-food chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, [s. l.], v. 35, n. 10, p. 744–761, 2005.

TEECE, D. J. Business models, business strategy and innovation. **Long Range Planning**, [s. l.], v. 43, n. 2–3, p. 172–194, 2010.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SCHUEN, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management David. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997.

THUL, M. J.; ALTHERR, A. Digitale Transformation in der Landwirtschaft. In: LINGNAU, V.; MÜLLER-SEITZ, G.; ROTH, S. (Eds.). **Management der Digitale Transformation: Interdisziplinäre theoretische Perspektiven und praktische Ansätze**. München: Verlag Franz Vahlen München, 2018. v. 245p. 223–234.

TIM. **Cobertura 4G da TIM agora no campo**. 2020. Disponível em: <<https://www.tim.com.br/sp/para-empresas/grandes-corporacoes/servicos-tim/tim-agro>>. Acesso em: 3 jan. 2020.

TOYOTA. **President Akio Toyoda's Speech at CES 2018**. 2018. Disponível em: <<https://global.toyota/en/newsroom/corporate/20566886.html>>. Acesso em: 1 fev. 2020.

TRECKER. **About us**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.trecker.com/index.php/company/about-us/?lang=en>>. Acesso em: 6 jan. 2020.

TREMBLAY, M. C.; HEVNER, A. R.; BERNDT, D. J. Focus Groups for Artifact Refinement and Evaluation in Design Research. **Communications of the Association for Information Systems**, [s. l.], v. 26, 2010.

TRENDOV, N. M.; VARAS, S.; ZENG, M. **Digital technologies in agriculture and rural areas**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

TUSHMAN, M. L.; NADLER, D. A. Information Processing as an Integrating Concept in Organizational. **Academy of Management Review**, [s. l.], n. July, 1978.

UNIDO; POLICY LINKS. **Emerging Trends in Global Advanced Manufacturing: Challenges, Opportunities and Policy Responses**, Institute for Manufacturing, University of Cambridge, 2017.

USLÄNDER, T.; EPPEL, U. Reference model of Industrie 4.0 service architectures: Basic concepts and approach. **At-Automatisierungstechnik**, [s. l.], v. 63, n. 10, p. 858–866, 2015.

VANIAN, J. **Alphabet Research Arm X Wants to Apply Artificial Intelligence to Farming**, Fortune, 2018. Disponível em: <<https://fortune.com/2018/03/27/alphabet-google-ai-farmers/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

VARGO, S. L.; MAGLIO, P. P.; AKAKA, M. A. On value and value co-creation: A service systems and service logic perspective. **European Management Journal**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 145–152, 2008.

VARIAN, H.; FARRELL, J.; SHAPIRO, C. **The Economics of Information Technology: An Introduction**. New York: Cambridge University Press, 2004.

VENABLE, J. R.; PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. A Comprehensive Framework for Evaluation in Design Science Research. In: PEFFERS, K.; ROTHENBERGER, M.; KUECHLER, B. (Eds.). **Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice**. Berlin/Heidelberg: Springer, 2012. v. 7286p. 423–438.

VEZA, I.; MLADINEO, M.; GJELDUM, N. Managing Innovative Production Network of Smart Factories. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 48, n. 3, p. 555–560, 2015.

VOGEL-HEUSER, B.; HESS, D. Guest Editorial Industry 4.0-Prerequisites and Visions. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, [s. l.],

v. 13, n. 2, p. 411–413, 2016.

VOOREN, Jos Van de. **Harvesting sugar cane more efficiently with AI and IoT**, Future Farming, 2019. Disponível em:

<<https://www.futurefarming.com/Smart-farmers/Articles/2019/8/Harvesting-sugar-cane-more-efficiently-with-AI-and-IoT-461379E/>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

WALTZ, E. Digital farming attracts cash to agtech startups. **Nature Biotechnology**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 397–398, 2017.

WANG, Y. et al. Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. **Advances in Manufacturing**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 311–320, 2017.

WANZA, S. **What is the Environmental Impact of Agriculture?** 2018. Disponível em: <<https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-agriculture.html>>. Acesso em: 27 dez. 2019.

WEE, D. et al. **Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector**, McKinsey & Company, 2015. Disponível em: <http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/mck_industry_40_report.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

WEINBERGER, M.; BILGERI, D.; FLEISCH, E. IoT business models in an industrial context. **At-Automatisierungstechnik**, [s. l.], v. 64, n. 9, p. 699–706, 2016.

WEINRAUB, M. **Size matters . Big U.S. farms get even bigger amid China trade war**, Reuters, 2019. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/us-usa-farmers-consolidation/size-matters-big-u-s-farms-get-even-bigger-amid-china-trade-war-idUSKBN1W218P>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

WESTERMAN, G. The First Law of Digital Innovation. **MIT Sloan Management Review**, [s. l.], p. 5, 2019.

WIKSTRÖM, S. Value creation by company-consumer interaction. **Journal of Marketing Management**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 359–374, 1996.

WINICK, E. New autonomous farm wants to produce food without human workers. **MIT Technology Review**, [s. l.], p. 1–5, 2018.

WINTER, R. Design science research in Europe. **European Journal of Information Systems**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 470–475, 2008.

WINTER, S. G. The logic of appropriability: From Schumpeter to Arrow to Teece. **Research Policy**, [s. l.], v. 35, n. 8 SPEC. ISS., p. 1100–1106, 2006.

WOLFERT, S. et al. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, [s. l.], v. 153, p. 69–80, 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE. **Digital Transformation of Industries - Consumer Industries**, World Economic Forum, 2016. Disponível em: <https://www.accenture.com/t20170411T120540Z__w__us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Electricity-Industry.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE. **Digital Transformation Initiative - Chemistry and Advanced Materials Industry**, World Economic Forum, 2017. a. Disponível em: <<http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/white-paper-dti-2017-chemistry.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM; ACCENTURE. **Digital Transformation Initiative - Oil and gas industry**, World Economic Forum, 2017. b. Disponível em: <<https://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2020.

YAN, J. et al. Industrial Big Data in an Industry 4.0 Environment: Challenges, Schemes and Applications for Predictive Maintenance. **IEEE Access**, [s. l.], v. 5, 2017.

YARA. **Yara acquires leading crop nutrition recommendation platform to strengthen Digital Farming offering**. 2017. Disponível em: <<https://www.yara.com/corporate-releases/yara-acquires-leading-crop-nutrition-recommendation-platform-to-strengthen-digital-farming-offering/>>. Acesso em: 6 jan. 2020.

YARA. **Annual report 2018**, Yara, 2018. Disponível em: <<https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/annual-reports/2018/yara-annual-report-2018-web.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

YARA. **Yara and IBM join forces to transform the future of farming**. 2019. Disponível em: <<https://www.yara.com/corporate-releases/yara-and-ibm-join-forces-to-transform-the-future-of-farming/>>. Acesso em: 8 set. 2019.

YARA. **Yara and IBM launch an open collaboration for farm and field data to advance sustainable food production**. 2020. Disponível em: <<https://www.yara.com/corporate-releases/yara-and-ibm-launch-an-open-collaboration-for-farm-and-field-data-to-advance-sustainable-food-production/>>. Acesso em: 27 jan. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUE, X. et al. Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight. **Microprocessors and Microsystems**, [s. l.], v. 39, n. 8, p. 1262–1270, 2015.

ZHONG, R. Y. et al. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. **Engineering**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 616–630, 2017.

APÊNDICE A – PROTOCOLO DE ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS

A. Introduction

- Thank for participation
- Overview of the research project
- Objective of this interview
- Recording approval

B. Questions about the framework

1. What do you think about using the elements...
 - ...Activities,
 - ...Flows,
 - ...Actors, and
 - ...Governance
 to describe the changes in value creation caused by Industry 4.0?

2. What do you think about using the components...
 - ...number,
 - ...type, and
 - ...place
 to understand the impact of Industry 4.0 on activities?

3. What do you think about using the components...
 - ...type,
 - ...direction, and
 - ...intensity
 to understand the impact of Industry 4.0 on flows?

4. What do you think about using the components...
 - ...number, and
 - ...roles
 to understand the impact of Industry 4.0 on actors?

5. What do you think about using the components...
 - ...relationships, and
 - ...contracts
 to understand the impact of Industry 4.0 on governance?

6. How might the framework help companies to understand the impact of Industry 4.0 in their value chains?

7. How might the framework help scholars to research the impact of Industry 4.0 in different value chains?

C. Concluding remarks

- Is there any aspect that should be considered and was not?
- Interviewee her/him again in the case of clarifying questions?
- Approval for citing the name?
- Thank once again for participation

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ENTREVISTAS DO ESTUDO DE CASO

Apresentação da Pesquisa

A expressão 'Indústria 4.0' define o próximo estágio dos sistemas produtivos, onde os processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e auto-configuráveis melhorando a eficiência e permitindo a criação de novas fontes de receita. Esses processos serão desenvolvidos por meio de uma combinação de tecnologias de informação e automação, tais como internet das coisas, inteligência artificial, *big data analytics*, computação na nuvem, gêmeos digitais, robôs autônomos, realidade aumentada, realidade virtual, entre outras.

O objetivo da Tese é desenvolver um modelo para que as empresas possam pensar a transformação da cadeia de valor em que estão inseridas. Para tanto, uma das etapas definidas na pesquisa é o estudo de uma cadeia na qual se possa observar os impactos dessas tecnologias. A cadeia de valor da agricultura atende a esse requisito, pois tem vivenciado desde meados dos 2000 uma transformação gerada por tecnologias. O fenômeno, que recebeu o nome de Agricultura de Precisão, por vezes é também chamado de *digital farming*, Fazenda 4.0, Agricultura 4.0, entre outros.

O objetivo desta entrevista é compreender os impactos já percebidos pela implementação dessas tecnologias, bem como os esperados para os próximos anos.

- Solicitar permissão para gravar a entrevista.

Entrevistado: Profissional envolvido com a transformação digital da empresa

A. Informações Iniciais

1. Fale um pouco sobre o que a empresa faz
 - a. Clientes
 - b. Fornecedores/Parceiros
 - c. Concorrentes

B. Ambiente da Mudança

2. A cadeia de valor da agricultura está passando por mudanças. Que fatores impulsionam essas mudanças (tecnológicos, mercadológicos, sociais, de regulamentação)?

C. Proposição de Valor

3. Como esses fatores afetam as soluções que a empresa propõe para o cliente?

D. Criação de Valor

4. Fale um pouco da trajetória da utilização de tecnologias digitais nos produtos e soluções que a empresa oferece.

Entregar a figura da cadeia de valor da agricultura.

5. Considerando a cadeia de valor da agricultura representada de forma simplificada na figura, que elos da cadeia estão sendo mais impactados por essas tecnologias?
6. Considerando as Atividades de criação de valor (P&D, Suprimentos, Produção, Distribuição, Marketing e Vendas e Serviço), em quais delas já houve o maior impacto dessas tecnologias?
 - a. Mudou o conteúdo das atividades?
 - b. Mudou a forma como elas são realizadas?
7. Como as tecnologias em uso impactam os *Fluxos* não físicos (dados, conhecimento)
 - a. Quantidade e frequência.
 - b. Direção.
8. Como as tecnologias em uso impactaram os *Fluxos* físicos (matéria-prima, insumos, componentes, produto, dinheiro):
 - a. Quantidade e frequência.
 - b. Direção.
9. Com relação aos Atores (indivíduos e empresas) que participam do processo de criação de valor, como essas tecnologias impactaram:
 - a. Quem participa (novos entrantes)?
 - b. O papel que cada ator desempenha?
 - c. Mudam as competências das empresas envolvidas?
10. Como essas tecnologias impactaram os relacionamentos:
 - a. Com os clientes?
 - b. Com os fornecedores?
 - c. Com os concorrentes?
 - d. Com outros participantes da cadeia?

E. Apropriação de Valor

11. Como essas mudanças impactam na captura do valor gerado entre os participantes da cadeia?

F. Fechamento

12. Pensando nos próximos cinco anos:
 - a. Quais os principais impactos esperados com uso das tecnologias digitais na cadeia de valor da agricultura?
 - b. Que tecnologias devem se tornar mais importantes para a cadeia de valor da agricultura?
13. Há algo que não foi mencionado e que você gostaria de acrescentar?

Entrevistado: Profissionais envolvidos nas atividades de Desenvolvimento, Suprimentos, Produção, Distribuição, Marketing e Vendas e Serviços

A. Informações Iniciais

1. Fale um pouco sobre a área e sobre suas responsabilidades.

B. Criação de Valor

2. Descreva as principais etapas da atividade.

3. Que tecnologias estão em uso na atividade?
4. Como essas tecnologias impactaram:
 - a. Conteúdo da atividade?
 - b. A forma como a atividade é realizada?
5. Como as tecnologias em uso impactam os *Fluxos* não físicos (dados, conhecimento)
 - a. Quantidade e frequência.
 - b. Direção.
6. Como as tecnologias em uso impactaram os *Fluxos* físicos (matéria-prima, insumos, componentes, produto, dinheiro):
 - a. Quantidade e frequência.
 - b. Direção.
7. Com relação aos Atores (indivíduos e empresas) que participam da atividade, como essas tecnologias impactaram:
 - a. Quem participa (novos parceiros, fornecedores)?
 - b. O papel que cada ator desempenha?
 - c. Mudam as competências das empresas envolvidas?
8. Como essas tecnologias impactaram os relacionamentos:
 - a. Com os clientes?
 - b. Com os fornecedores?
 - c. Com os concorrentes?
 - d. Com outros participantes da cadeia?

C. Fechamento

9. Quais foram as principais mudanças na atividade nos últimos cinco anos?
10. Pensando nos próximos cinco anos que tecnologias devem se tornar mais importantes para a essa atividade?
11. Há algo que não foi mencionado e que você gostaria de acrescentar?

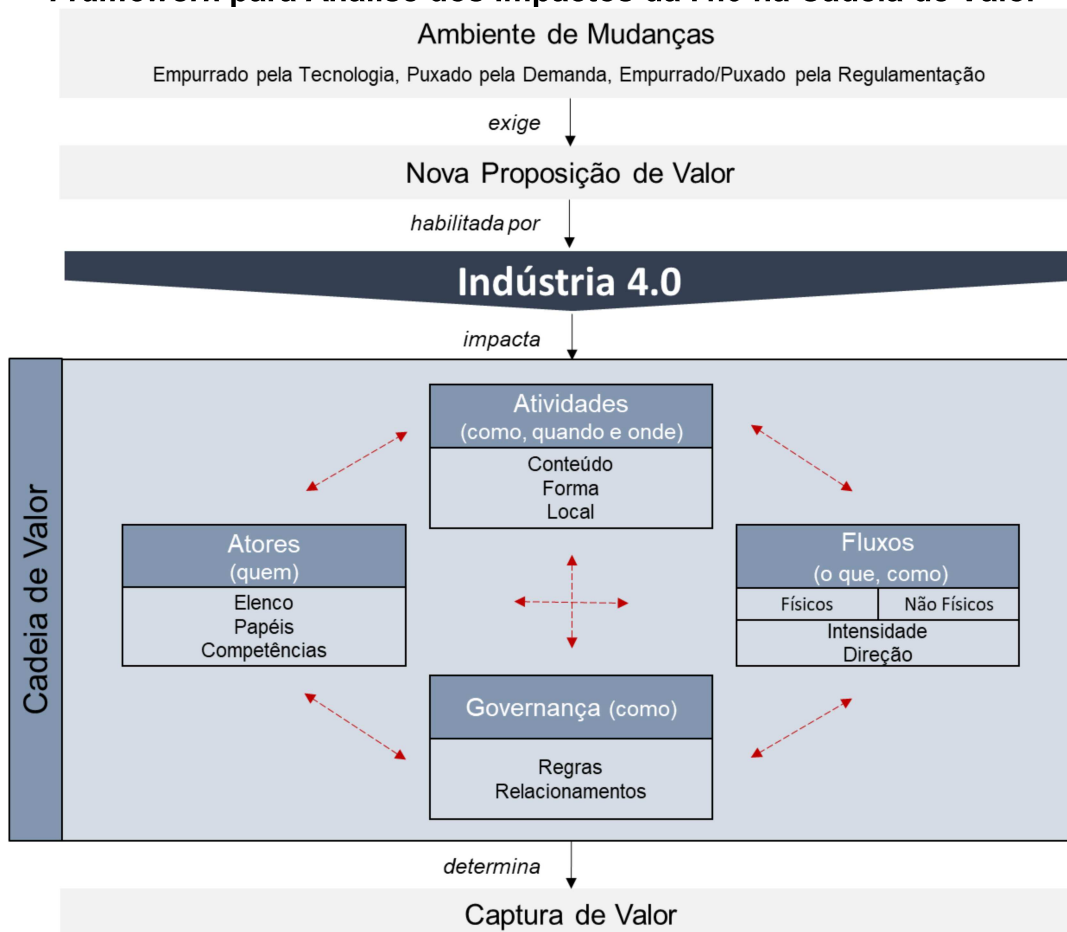
APÊNDICE C – GUIA DE USO DO *FRAMEWORK*

1. Para que serve o *framework*?

A Indústria 4.0 (I4.0) define o próximo estágio dos sistemas produtivos, onde os processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e autoconfiguráveis, melhorando a eficiência e permitindo a criação de novas fontes de receita. Ela envolve a utilização de um conjunto de tecnologias que levarão à transformação das cadeias de valor, redefinindo negócios inteiros. Cadeia de valor é a estrutura envolvida em todo o processo de criação de valor.

Para se posicionar com sucesso, é necessário olhar amplamente para o fenômeno, tentando entender como ele modifica onde, como e por quem o valor é criado. A partir do conhecimento do processo de criação de valor como é hoje ‘*as is*’ discutir o que mudará ‘*to be*’. O foco da análise é o que muda em relação ao que existe no presente. O *framework* a seguir foi desenvolvido para que empresas e governos possam discutir e aprender sobre os impactos da I4.0 em suas cadeias de valor.

Framework para Análise dos Impactos da I4.0 na Cadeia de Valor



2. Como utilizá-lo?

O artefato foi projetado para ser utilizado por empresas ou governos em *workshops*, envolvendo os profissionais que estão trabalhando com as estratégias relacionadas à transformação digital. Todo o 'exercício' deve ser realizado pensando em uma cadeia de valor específica. Caso a discussão envolva diversas cadeias, recomenda-se que sejam feitas análises separadas, uma para cada cadeia. A seguir é feita uma descrição da sequência de análise.

- 1- **Entenda o Ambiente de Mudanças.** a discussão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor, deve começar pela consideração do ambiente de mudanças. É importante levantar os aspectos tecnológicos, de demanda e de regulamentação que direcionam a transformação da cadeia. Devem ser trazidos dados de pesquisas, avaliações de mercado por consultorias e percepções de especialistas.
- 2- **Entenda as Novas Propostas de Valor.** A partir desse mapeamento, os participantes devem debater as novas proposições de valor que surgirão na cadeia para responder aos requisitos do ambiente de mudança. Nesta etapa os participantes podem discutir o que já está surgindo de novo na cadeia, e olhar para propostas de outras cadeias, que já estejam num estágio mais avançado da transformação, para buscar inspirações sobre o que pode acontecer. Nesta etapa também devem ser utilizados materiais de apoio e conhecimento especializado.
- 3- **Entenda a Indústria 4.0 na Cadeia em Questão.** A seguir, os profissionais devem discutir os conceitos, características e tecnologias da I4.0. Aqui é importante destacar as que são mais relevantes para habilitar essas novas propostas de valor.
- 4- **Entenda os Impactos na Cadeia de Valor em Questão.** A discussão entra agora nos impactos na cadeia de valor. Quatro elementos serão discutidos: as atividades, os fluxos, os atores e a governança. É nesta parte que a discussão será mais detalhada, pois deverá analisar como mudam esses elementos. A seguir, uma breve explicação dos elementos e seus atributos:
 - a. Atividades: tarefas executadas para levar o produto/serviço ao cliente. Inclui P&D, Produção, Logística, Marketing e Vendas e Serviços.
 - b. Fluxos: transferências na cadeia de valor. Fluxos físicos (como componentes, produtos, dinheiro) e não físicos (como dados, conhecimento).
 - c. Atores: empresas ou indivíduos que participam da criação de valor (como clientes, fornecedores, parceiros e usuários).
 - d. Governança: projeto e orquestração do processo de criação de valor.

Os atributos definidos para cada elemento, auxiliam a manter o foco da discussão. A tabela a seguir apresenta as questões que devem guiar a discussão dos atributos de cada elemento:

Elemento	Atributo	Questão
Atividades	Conteúdo	Como a I4.0 impacta o objeto das atividades?
	Forma	Como a I4.0 impacta a forma como as atividades são realizadas?
	Local	Como a I4.0 impacta onde as atividades são realizadas?
Fluxos	Direção	Como a I4.0 impacta a direção das transferências na cadeia?
	Intensidade	Como a I4.0 impacta a quantidade e frequência das transferências na cadeia?
Atores	Elenco	Como a I4.0 impacta quem participa da criação de valor?
	Papéis	Como a I4.0 impacta o papel exercido pelos atores na cadeia?
	Competências	Como a I4.0 impacta as competências dos indivíduos e organizações da cadeia?
Governança	Relacionamentos	Como a I4.0 impacta os relacionamentos com os clientes e outros atores da cadeia?
	Regras	Como a I4.0 impacta as regras para participar na criação de valor?

Após a discussão de cada elemento, deve-se debater como eles se relacionam, e avaliar se a narrativa está coerente.

- 5- **Entenda como as Mudanças Afetam a Captura de Valor.** Depois de discutidos os impactos na cadeia, deve ser debatido como essas mudanças determinarão a captura de valor. Esse é um ponto fundamental, pois o debate deve trazer *insights* sobre a possibilidade de migração do valor na cadeia, mostrando algumas oportunidades e ameaças da transformação digital.
- 6- **Resuma num Quadro os Principais Pontos.** Terminado o debate, as informações em tela deverão ser resumidas. Esse resumo pode ser utilizado para a definição de estratégias em relação à I4.0 e como uma base para discussões e aprendizados futuros.

3. Qual o resultado?

O processo de discussão estruturado permite o compartilhamento das diferentes perspectivas sobre as transformações, gerando aprendizado para os participantes. O resultado não será uma visão determinística de como a I4.0 impacta a cadeia, mas o exercício aumentará a compreensão sobre o fenômeno, deixando os profissionais mais conscientes e preparados para a definição de estratégias relativas à transformação digital.

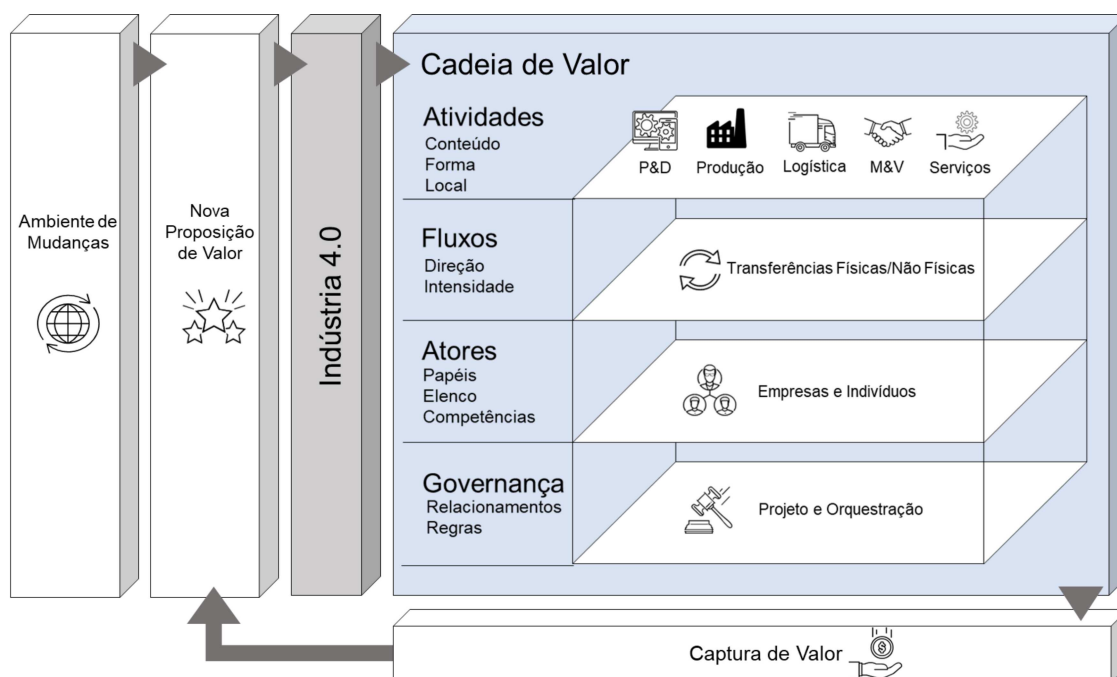
APÊNDICE D – GUIA DE USO DO *FRAMEWORK* APÓS *GRUPO FOCAL*

1. Para que serve o *framework*?

A Indústria 4.0 (I4.0) define o próximo estágio dos sistemas produtivos, onde os processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e autoconfiguráveis, melhorando a eficiência e permitindo a criação de novas fontes de receita. Ela envolve a utilização de um conjunto de tecnologias que levarão à transformação das cadeias de valor, redefinindo negócios inteiros. Cadeia de valor é a estrutura envolvida em todo o processo de criação de valor.

Para se posicionar com sucesso, é necessário olhar amplamente para o fenômeno, tentando entender como ele modifica *onde*, *como* e *por quem* o valor é criado. A partir do conhecimento do processo de criação de valor como é hoje ‘*as is*’ discutir o que mudará ‘*to be*’. O foco da análise é o que muda em relação ao que existe no presente. O *framework* a seguir foi desenvolvido para que empresas e governos possam discutir e aprender sobre os impactos da I4.0 em suas cadeias de valor.

Framework para Análise dos Impactos da I4.0 na Cadeia de Valor



2. Como utilizá-lo?

O artefato foi projetado para ser utilizado por empresas ou governos em *workshops*, envolvendo os profissionais que estão trabalhando com as estratégias relacionadas à transformação digital. Todo o ‘exercício’ deve ser realizado pensando em uma cadeia de valor específica. Caso a discussão envolva diversas cadeias, recomenda-se que sejam feitas análises separadas, uma para cada cadeia. A seguir é feita uma descrição da sequência de análise.

- 1- **Entenda o Ambiente de Mudanças.** a discussão dos impactos da I4.0 na cadeia de valor, deve começar pela consideração do ambiente de mudanças. É importante levantar os aspectos tecnológicos, de demanda e de regulamentação que direcionam a transformação da cadeia. Devem ser trazidos dados de pesquisas, avaliações de mercado por consultorias e percepções de especialistas.
- 2- **Entenda as Novas Propostas de Valor.** A partir desse mapeamento, os participantes devem debater as novas proposições de valor que surgirão na cadeia para responder aos requisitos do ambiente de mudança. Nesta etapa os participantes podem discutir o que já está surgindo de novo na cadeia, e olhar para propostas de outras cadeias, que já estejam num estágio mais avançado da transformação, para buscar inspirações sobre o que pode acontecer. Nesta etapa também devem ser utilizados materiais de apoio e conhecimento especializado.
- 3- **Entenda a Indústria 4.0 na Cadeia em Questão.** A seguir, os profissionais devem discutir os conceitos, características e tecnologias da I4.0. Aqui é importante destacar as que são mais relevantes para habilitar essas novas propostas de valor.
- 4- **Entenda os Impactos na Cadeia de Valor em Questão.** A discussão entra agora nos impactos na cadeia de valor. Quatro elementos serão discutidos: as atividades, os fluxos, os atores e a governança. É nesta parte que a discussão será mais detalhada, pois deverá analisar como mudam esses elementos. A seguir, uma breve explicação dos elementos e seus atributos:
 - a. Atividades: tarefas executadas para levar o produto/serviço ao cliente. Inclui Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Produção, Logística, Marketing e Vendas (M&V) e Serviços.
 - b. Fluxos: transferências na cadeia de valor. Fluxos físicos (como componentes, produtos, dinheiro) e não físicos (como dados, conhecimento).
 - c. Atores: empresas ou indivíduos que participam da criação de valor (como clientes, fornecedores, parceiros e usuários).
 - d. Governança: projeto e orquestração do processo de criação de valor.

Os atributos definidos para cada elemento, auxiliam a manter o foco da discussão. A tabela a seguir apresenta as questões que devem guiar a discussão dos atributos de cada elemento:

Elemento	Atributo	Questão
Atividades	Conteúdo	Como a I4.0 impacta o objeto das atividades?
	Forma	Como a I4.0 impacta a forma como as atividades são realizadas?
	Local	Como a I4.0 impacta onde as atividades são realizadas?
Fluxos	Direção	Como a I4.0 impacta a direção das transferências na cadeia?
	Intensidade	Como a I4.0 impacta a quantidade e frequência das transferências na cadeia?
Atores	Elenco	Como a I4.0 impacta quem participa da criação de valor?
	Papéis	Como a I4.0 impacta o papel exercido pelos atores na cadeia?
	Competências	Como a I4.0 impacta as competências dos indivíduos e organizações da cadeia?
Governança	Relacionamentos	Como a I4.0 impacta os relacionamentos com os clientes e outros atores da cadeia?
	Regras	Como a I4.0 impacta as regras para participar na criação de valor?

Após a discussão de cada elemento, deve-se debater como eles se relacionam, e avaliar se a narrativa está coerente.

- 5- **Entenda como as mudanças afetam a Captura de Valor.** Depois de discutidos os impactos na cadeia, deve ser debatido como essas mudanças determinarão a captura de valor. Esse é um ponto fundamental, pois o debate deve trazer *insights* sobre a possibilidade de migração do valor na cadeia, mostrando algumas oportunidades e ameaças da transformação digital. Esta análise levará a considerações sobre o possível surgimento de novas propostas de valor, podendo o exercício ser recommçado.
- 6- **Resuma num quadro os principais pontos.** Terminado o debate, as informações em tela deverão ser resumidas. Esse resumo pode ser utilizado para a definição de estratégias em relação à I4.0 e como uma base para discussões e aprendizados futuros.
- 7- **Refaça a análise quando houver mudanças importantes na cadeia.** Uma vez que o *framework* se propõe à análise de um processo de transformação, é importante que o 'exercício seja feito sempre que movimentos importantes acontecerem na cadeia.

3. Qual o resultado?

O processo de discussão estruturado permite o compartilhamento das diferentes perspectivas sobre as transformações, gerando aprendizado para os participantes. O resultado não será uma visão determinística de como a I4.0 impacta a cadeia, mas o exercício aumentará a compreensão sobre o fenômeno, deixando os profissionais mais conscientes e preparados para a definição de estratégias relativas à transformação digital.