JULIANA SUEMI YAMANARI

Empresa S³: caracterização do princípio de colaboração

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Processos e Gestão de Operações

Linha de pesquisa: Gestão de desempenho

Orientador: Prof. Associado Fábio Müller Guerrini

São Carlos

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

YAMANARI, JULIANA SUEMI

Ylle

Empresa S³: caracterização do princípio de colaboração / JULIANA SUEMI YAMANARI; orientadora Fábio Müller Guerrini. São Carlos, 2017.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Empresa sensitiva. 2. Empresa inteligente. 3. Empresa sustentável. 4. Modelagem de Empresas. 5. Colaboração.. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: **JULIANA SUEMI YAMANARI**

Título da dissertação: "Empresa S³: caracterização do princípio de colaboração"

Data da defesa: 01.09.2017

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Fabio Müller Guerrini**
(Orientador)

Aprovado

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Fredy João Valente**

Aprovada

(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Prof. Dr. **Luis Antonio de Santa-Eulalia**

Aprovado

(Université de Sherbrooke/UDES – Canadá)

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Associado **Aldo Roberto Ometto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Associado **Luis Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me guiar e me proteger em todas as minhas escolhas.

Ao meu pai, mãe e irmã por todo o apoio e carinho que sempre me prestaram ao longo de toda a minha vida acadêmica. Sem vocês, nada seria possível.

Ao meu orientador, o Prof. Associado Dr. Fábio Müller Guerrini, pela excelente orientação acadêmica, incentivo, dedicação e apoio que sempre demonstrou. Minha eterna gratidão por compartilhar suas experiências e seu conhecimento.

À empresa que participou do estudo de caso, colaborando muito com essa pesquisa.

A todos os professores que ao longo da minha vida acadêmica compartilharam seus conhecimentos e contribuíram com meu crescimento profissional, em especial aos professores e amigos Dr. Fábio Alves Barbosa e Dr. Walter Roberto Hernández Vergara.

À banca de avaliação do exame de qualificação e defesa do mestrado que contribuíram significativamente com essa pesquisa.

Aos profissionais da Escola de Engenharia de São Carlos, especificamente do departamento de Engenharia de Produção, pela colaboração, paciência e cordialidade durante todo o mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado.

A todos os amigos e colegas pela parceria, incentivo e descontração que me proporcionam sempre.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram com essa dissertação, **muito obrigada!**

RESUMO

YAMANARI, J. S. **Empresa S³: caracterização do princípio de colaboração**. 2017. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

A capacidade de antecipar decisões, reagir rapidamente às mudanças, bem como sustentar e aprimorar os avanços alcançados ao longo do tempo, caracterizam a Empresa sensível, inteligente e sustentável. O objetivo da pesquisa é analisar e sistematizar os principais elementos da Empresa S³ para caracterizar o princípio de colaboração. A metodologia de pesquisa utilizada compreende um estudo bibliográfico para o embasamento teórico, desenvolvimento de modelos de empresas e instanciamento em um caso real por meio da metodologia de modelagem For Enterprise Modeling (4EM) orientada para a gestão do conhecimento. O estudo bibliográfico contempla a contextualização dessa iniciativa em disciplinas consolidadas, identificação de aspectos e princípios norteadores, bem como uma revisão sistemática sobre redes colaborativas. Como contribuição da pesquisa, menciona-se a caracterização do princípio de colaboração no âmbito de Empresa S³ através de um caso exemplo, bem como a sistematização do conhecimento acerca de um tema incipiente e inovador, evidenciando futuras pesquisas e aplicações.

Palavras-chave: Empresa sensível; Empresa inteligente; Empresa sustentável; Modelagem de Empresas; Colaboração.

ABSTRACT

YAMANARI, J. S. S³ Enterprise: characterization of the collaboration principle. 2017. 144 p. Dissertation (Master's Degree in Industrial Engineering) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2017.

The ability to anticipate decisions, react quickly to changes, and sustain and improve the progress made over time, characterize a sensing, smart and sustainable Enterprise. The objective of the research is to analyze and systematize the main elements of the S³ Enterprise to characterize the collaboration principle. The research methodology used includes a bibliographical study for the theoretical basis, the development of enterprise models and instantiation in a real case through the modeling methodology For Enterprise Modeling (4EM) oriented to knowledge management. The bibliographic study contemplates the contextualization of this initiative in consolidated disciplines, identification of aspects and guiding principles, as well as a systematic review on collaborative networks. As a contribution of this research, we mention the characterization of collaboration principle within S³ Enterprise through an example case, as well as the systematization of the knowledge about an incipient and innovative theme, evidencing future researches and applications.

Keywords: Sensing Enterprise; Smart Enterprise; Sustainable Enterprise; Enterprise Modeling; Collaboration.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição da empresa participante do estudo de caso	29
Quadro 2 – Critérios do estudo de caso	31
Quadro 3 – Motivadores da colaboração	63
Quadro 4 – Motivadores (roteiro de entrevista)	135
Quadro 5 – Desafios (roteiro de entrevista).....	135
Quadro 6 – Barreiras (roteiro de entrevista).....	136
Quadro 7 – Tecnologias (roteiro de entrevista).....	137
Quadro 8 – Processos colaborativos (roteiro de entrevista)	137
Quadro 9 – Questões-guia Modelo de objetivos	142
Quadro 10 – Questões-guia Modelo de regras de negócio	142
Quadro 11 – Questões-guia Modelo de processos de negócio	143
Quadro 12 – Questões-guia Modelo de atores e recursos	143
Quadro 13 – Questões-guia Modelo de componentes e requisitos técnicos.....	143
Quadro 14 – Questões-guia Modelo de conceitos	144

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos da metodologia 4EM	35
Figura 2 – Estrutura da dissertação.....	38
Figura 3 – Framework conceitual de redes colaborativas e Empresas S ³	74
Figura 4 – Contextualização da Empresa S ³	81
Figura 5 – Modelo de conceitos da Empresa S ³	87
Figura 6 – Modelo de objetivos e regras de negócios da Empresa S ³	90
Figura 7 – Modelo de objetivos.....	94
Figura 8 – Modelo de regras de negócios.....	98
Figura 9 – Modelo de processos de negócios 1	101
Figura 10 – Modelo de processos de negócios 2	102
Figura 11 – Modelo de atores e recursos	105
Figura 12 – Modelo de componentes e requisitos técnicos	108
Figura 13 – Notação do Modelo de objetivos da 4EM.....	139
Figura 14 – Notação do Modelo de regras de negócios da 4EM.....	139
Figura 15 – Notação do Modelo de conceitos da 4EM	140
Figura 16 – Notação do Modelo de processos de negócios da 4EM.....	140
Figura 17 – Notação do Modelo de atores e recursos da 4EM.....	140
Figura 18 – Notação do Modelo de componentes e requisitos técnicos da 4EM.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das metodologias de modelagem.....	36
Tabela 2 – Protocolo de busca na base de dados Scopus	47
Tabela 3 – Protocolo de busca na base de dados Web of Science.....	47
Tabela 4 – Protocolo de busca na base de dados SciELO	47
Tabela 5 – Total de artigos selecionados.....	49
Tabela 6 – Relação de journals de origem dos artigos selecionados.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade de publicações por ano	48
Gráfico 2 – Abordagens de pesquisa	66
Gráfico 3 – Campos de estudos de redes colaborativas.....	68
Gráfico 4 – Relação de publicações por países	68
Gráfico 5 – Colaborações internacionais e nacionais entre pesquisadores	69

LISTA DE SIGLAS

4EM	For Enterprise Modeling
ARIS	Architecture of Integrated Information Systems
BI	Business Intelligence
C2NET	Cloud Collaborative Manufacturing Networks
CIMOSA	Computer Integrated Manufacturing Open System
CNC	Computers Numeric Control
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CPS	Cyber-Physical Systems
CT-e	Conhecimento de Transporte Eletrônico
EA	Enterprise Architecture
EaaS	Everything as a Service
EE	Enterprise Engineering
EI	Enterprise Integration
EIS	Enterprise Information System
EKD	Enterprise Knowledge Development
EM	Enterprise Modeling
ERP	Enterprise Resource Planning
FInES	Future Internet Enterprise Systems
GPS	Global Positioning System
GPT	Gruppo Poligrafico Tiberino
IHM	Interface Homem-Máquina
IoE	Internet of Everything
IoT	Internet of Things
KaaS	Knowledge as a Service
NAS	National Academy of Sciences
NF-e	Nota Fiscal Eletrônica
P&D	Pesquisa & Desenvolvimento
PERA	Purdue Enterprise Reference Architecture
PME	Pequenas e Médias Empresas
PSS	Product-Service System
RFID	Radio Frequency Identificaton

SD	Sales and Distributions
SI	Sistema de Informação
TI	Tecnologia de Informação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
VDO	Virtual Development Office
VMI	Vendor Managed Inventory
WSN	Wireless Sensors Networks

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. OBJETIVOS	25
1.2. JUSTIFICATIVA.....	26
1.3. MÉTODO DE PESQUISA.....	28
1.3.1. <i>MODELAGEM DE EMPRESAS</i>	32
1.3.1.1. For Enterprise Modeling – 4EM.....	33
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	37
2. EMPRESAS S³.....	39
3. REVISÃO SISTEMÁTICA DE REDES COLABORATIVAS: IMPLICAÇÕES PARA EMPRESAS S³.....	44
3.1. INTRODUÇÃO	44
3.2. MÉTODO DE REVISÃO	46
3.3. REDES COLABORATIVAS	50
3.3.1. <i>MOTIVADORES DA COLABORAÇÃO</i>	51
3.3.1.1. Compartilhamento de informações e conhecimentos	51
3.3.1.2. Compartilhamento de recursos e competências.....	53
3.3.1.3. Compartilhamento de riscos e benefícios	54
3.3.1.4. Demanda crescente por variedade de produtos e customização.....	54
3.3.1.5. Dinamicidade e competitividade do mercado	55
3.3.1.6. Exploração e captação de novas oportunidades de negócios	57
3.3.1.7. Inovação	58
3.3.1.8. Melhoria do desempenho dos negócios.....	59
3.3.1.9. Rápido avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).....	60
3.3.1.10. Redução de custos	61
3.3.1.11. Sustentabilidade ambiental	62
3.3.1.12. Sustentabilidade econômica, ambiental e social.....	62
3.3.2. <i>Abordagens de pesquisa</i>	65
3.3.3. <i>Domínios de aplicação</i>	67
3.3.4. <i>Relação de países que mais publicam</i>	68
3.4. ANÁLISE DA INTERSEÇÃO DE REDES COLABORATIVAS E EMPRESAS S ³	69
3.5. CONSIDERAÇÕES DA REVISÃO	74
4. MODELAGEM DE EMPRESAS S³.....	76

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMPRESAS S ³	76
4.2. MODELO DE CONCEITOS, OBJETIVOS E REGRAS DE NEGÓCIOS.....	82
4.3. INSTANCIAÇÃO DOS MODELOS EM UM CASO REAL	91
4.3.1. <i>MODELO DE OBJETIVOS</i>	92
4.3.2. <i>MODELO DE REGRAS DE NEGÓCIOS</i>	95
4.3.3. <i>MODELO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS</i>	99
4.3.4. <i>MODELO DE ATORES E RECURSOS</i>	103
4.3.5. <i>MODELO DE COMPONENTES E REQUISITOS TÉCNICOS</i>	106
4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	109
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
REFERÊNCIAS	115
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA	134
ANEXO A – FORMALISMOS DA METODOLOGIA 4EM.....	139
ANEXO B – QUESTÕES-GUIA DA METODOLOGIA 4EM	142

1. INTRODUÇÃO

A busca das organizações por vantagem competitiva sublinha a necessidade de repensar o conceito de empresa e novas abordagens de gestão. O mercado tem demandado melhores níveis de serviço, redução dos tempos de respostas e necessidades específicas de consumo. Essa confluência preconiza uma mudança das empresas de uma abordagem tradicional, focada na funcionalidade, para uma abordagem mais holística e digital dos negócios. Como consequência, emerge-se a necessidade de empresas adotarem estratégias colaborativas para inserção e/ou permanência nesse mercado.

Em consonância com as intensas mudanças do mercado e a evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), surgem iniciativas estratégicas como, por exemplo, a Indústria 4.0. Em 2011, o governo alemão adotou essa iniciativa como parte do “*High-Tech Strategy 2020 Action Plan*” (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013) indicando que as três primeiras revoluções industriais advieram da mecanização, eletricidade e tecnologia de informação. Agora, a nomeada “quarta revolução industrial” simboliza a ligação entre a indústria manufatureira, as Tecnologias de Informação (TI) e todas as atividades associadas. Essa iniciativa representa grandes mudanças técnicas e organizacionais provocadas pela crescente rede de seres humanos e máquinas, e a colaboração possui um papel importante na condução dessa estratégia (IMKAMP et al., 2016).

A combinação de tecnologias digitais, industriais e inovações de modelos de negócios é o fundamento da Indústria 4.0 (ROMERO; VERNADAT, 2016a). A empresa digital indica mudanças nos estilos de trabalho (mais transparência e envolvimento social), conexão *off-line* e *on-line* através de dispositivos móveis para fornecer informações em tempo real, flexibilidade, personalização, diversidade, ambientes de trabalho virtuais considerando privacidade e riscos operacionais, redução de gastos, incremento da produtividade, progresso e inovação (DELOITTE, 2014).

Na mesma linha de raciocínio, Weichhart et al. (2016) introduziram uma nova abordagem denominada *Sensing, Smart and Sustainable (S³) enterprise system* apresentando os desenvolvimentos necessários para enfrentar os desafios impostos pela digitalização, propondo a renúncia de métodos tradicionais e arcaicos de gestão e a adoção de novos modelos de negócios com o apoio das TICs.

As Empresas S³, segundo Weichhart et al. (2016), indicam o desenvolvimento da habilidade sensitiva (*sensing*) para entenderem seu próprio ambiente e agirem em consonância

com as inúmeras informações coletadas, tomando decisões rápidas, melhores e mais inteligentes (*smart*), a fim de se tornarem competitivas e sustentáveis (*sustainable*) econômica, social, ética e ambientalmente.

O conceito de empresa sensível (*sensing enterprise*), nesse contexto, caracteriza-se pela capacidade de antecipar decisões futuras por meio da captura de informações multidimensionais, possibilitando à empresa o alcance e conhecimento de diversos cenários (FERRO-BECA et al., 2015).

O conceito de empresa inteligente (*smart enterprise*), segundo Filos (2006), remete às organizações interconectadas, orientadas pelo conhecimento, que são capazes de se adaptarem rapidamente às mudanças e desafios do mercado competitivo de forma ágil, criando e explorando o conhecimento em resposta às oportunidades da era digital.

Já o conceito de empresa sustentável (*sustainable enterprise*) está associado à implementação de boas práticas de fabricação sustentável, reduzindo o uso de insumos para a produção, otimizando as operações da instalação e aprimorando os produtos a fim de minimizar os impactos ambientais decorrentes de sua utilização e de seu ciclo de vida. Além de preocupações ambientais, a empresa sustentável deve considerar os aspectos sociais, econômicos e éticos (MAURICIO-MORENO et al., 2015).

Nesse contexto, Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2014) comentam que à medida que os sistemas envolvidos em ambientes inteligentes evoluem, incluindo cada vez mais um grande número de entidades, determinadas estruturas organizacionais horizontais se tornam insuficientes para o efetivo gerenciamento. Sendo assim, ressaltam a necessidade da incorporação do princípio de colaboração para apoiar as novas estratégias de negócios das organizações.

A colaboração apresenta as condições para as entidades compartilharem informações, recursos, responsabilidades e conjuntamente planejarem, implementarem e avaliarem planos de atividades a fim de alcançarem objetivos comuns. Tal princípio envolve o engajamento mútuo dos participantes para a resolução de problemas e confiança entre as partes envolvidas, demandando, dessa forma, tempo, esforço e dedicação (CAMARINHA-MATOS et al., 2009).

Romero e Vernadat (2016a) reiteram que a intensificação da conexão entre organizações, pessoas, processos, dados e coisas demanda cada vez mais serviços básicos interoperáveis como mercadorias e serviços colaborativos baseados em nuvem para viabilizar a colaboração entre as empresas, apoiando a construção de um mundo hiper-conectado e o aproveitamento de oportunidades para a indústria e para a sociedade.

Assim, um dos desafios apontados por Weichhart et al. (2016) em relação às Empresas S³, trata-se da caracterização do princípio de colaboração para alcançar a ubíqua habilidade de objetos e usuários trocarem e entenderem informações/conhecimentos compartilhados. Essa habilidade é crucial para alcançar a sustentabilidade econômica, ética e social e enfrentar os desafios impostos pelo mercado globalmente conectado.

Além disso, Weichhart et al. (2016) sugerem a utilização de técnicas de modelagem de empresas baseadas em organizações em redes colaborativas para o desenvolvimento de referências que sirvam como pilares para o desenvolvimento de Empresas S³. A infraestrutura de modelos, métodos e arquiteturas deve incluir princípios de gestão, características técnicas e plataformas colaborativas.

De modo geral, as Empresas S³ propõem enfrentar os desafios da era digital, requerendo apropriada implementação (WEICHHART et al., 2016); o ambiente colaborativo é essencial para a efetiva execução e evolução dos conceitos S³; e a modelagem de empresas é fundamental para compreender a ligação entre empresas, bem como a dinâmica, robustez e fragilidade das atividades desenvolvidas (BRAHA; STACEY; BAR-YAM, 2011).

Dessa forma, sabendo-se que a modelagem de Empresas S³ é um projeto complexo por incluir três diferentes conceitos, Weichhart et al. (2016) sugerem a adoção de uma abordagem combinada *top-down* e *bottom-up*. Com o objetivo de contribuir com a implementação de Empresas S³, tornando-a uma realidade nas empresas atuais, propõe-se uma abordagem *top-down* por meio do estudo aprofundado do princípio de colaboração, considerando que redes colaborativas podem fornecer conceitos maduros e consistentes, bem como uma abordagem *bottom-up*, considerando metodologias de modelagem de empresas como a For Enterprise Modeling (4EM). A combinação de ambas as abordagens visa fornecer uma base sólida para o desenvolvimento de Empresas S³.

A pesquisa, nesse contexto, procura responder as seguintes questões:

- (1) Como as empresas tradicionais podem se transformar em Empresas S³?
- (2) Qual a importância do princípio de colaboração nessa transformação?

1.1. OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é analisar e sistematizar os principais elementos relacionados aos conceitos sensível (*sensing*), inteligente (*smart*) e sustentável (*sustainable*) para caracterizar o princípio de colaboração.

Como objetivos específicos, têm-se: documentar e tornar explícito o conhecimento sobre Empresas S³ e a importância da colaboração no processo de transformação preconizado por essa abordagem. Busca-se atingir um primeiro passo na direção de um modelo de referência.

1.2. JUSTIFICATIVA

Os impactos da digitalização sobre a competitividade do país foram levantados em uma pesquisa feita pela empresa de consultoria Accenture, estimando uma oportunidade de ganho para o Brasil de aproximadamente US\$210 bilhões até 2030, caso o país crie condições de melhorias no ambiente de negócios, na infraestrutura, programas de difusão tecnológica, aperfeiçoamento tecnológico, entre outros aspectos associados ao desenvolvimento e implementação de tecnologias de internet (ACCENTURE STRATEGY, 2015).

Em 1998, a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (*National Academy of Sciences* – NAS/USA) publicou um relatório contemplando os desafios visionários da manufatura para 2020. Esse relatório identificou seis grandes desafios, que são: simultaneidade de operações; integração de recursos humanos e técnicos para melhorar o desempenho e a satisfação da força de trabalho; transformação instantânea de informações advindas de diversas fontes de conhecimento para tomadas de decisões mais eficazes; redução do desperdício de produção e impacto ambiental; reconfiguração rápida em resposta às mudanças de necessidades e oportunidades; desenvolvimento de produtos e processos inovadores com foco na diminuição de escala (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998).

Diante desses desafios, o comitê da NAS-USA discutiu algumas técnicas viáveis para enfrentá-los, dentre elas, o desenvolvimento de modelagem de empresas que forneça uma base para a compreensão de estruturas organizacionais e comportamento interorganizacional, permitindo a aplicação de soluções otimizadas para a empresa como um todo. Além disso, o NAS-USA ressaltou a formação de parcerias colaborativas como uma estratégia que garante que as empresas adaptem suas competências básicas com a rapidez suficiente para tirar proveito de oportunidades significativas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998).

A colaboração baseada em um estrito código de ética e a comunicação direta e imediata entre os membros de uma rede de empresas colaborativa garantem a transparência das ações, ambiente favorável às inovações, disseminação do conhecimento e facilitam os processos de aprendizagem (CARRASCO; LORENZO, 2015). Em consonância, Tsai e Hsu (2014) ressaltam que os mecanismos de integração de conhecimento são úteis para criar sinergias, superar incertezas e reduzir disparidades interdepartamentais, propiciando às organizações soluções

rápidas de alta qualidade e aprimoramento da colaboração interfuncional que condiciona o aumento do desempenho inovador da empresa.

A colaboração beneficia substancialmente o desempenho organizacional da empresa (FOSS; LYNGSIE; ZAHRA, 2013; LAHIRI; NARAYANAN, 2013), auxilia a ampliação de sua capacidade de oferta e fortalece sua competitividade (GRAÇA; CAMARINHA-MATOS, 2017). Vargas et al. (2016) acrescentam que atualmente o conhecimento globalmente conectado exige que as organizações aprendam de modo mais ágil, sejam mais flexíveis e, ao mesmo tempo, tirem proveito das oportunidades que o avanço da tecnologia oferece. Para tanto, Schuh et al. (2014) recomendam a incorporação do princípio de colaboração em todos os níveis da empresa como acelerador dos processos de tomada de decisão.

Nesse contexto, a norma ISO 15704:2000 (sistemas de automação industrial) descreve os papéis essenciais dos seres humanos e identifica diversos requisitos que são descritos em termos de papéis organizacionais (que capturam as diversas responsabilidades e capacidades designadas – visão de organização); e em termos de papéis operacionais (que capturam as capacidades operacionais e são identificadas na visão funcional) (ISO 15704:2000). A ISO 19439:2006 (integração de empresa: *framework* para modelagem de empresas) propõe um *framework* de acordo com os requisitos da ISO 15704 para identificar e coordenar o desenvolvimento de padrões para a modelagem de empresas (ISO 19439:2006). A ISO 19440:2007 (integração de empresa: construções para modelagem de empresas), por sua vez, especifica as características das construções principais necessárias para a modelagem de empresas apoiada por computador, em conformidade com a ISO 19439, porém não especifica como tais operações baseadas em modelos podem ser implementadas (ISO 19440:2007).

Embora as normas supramencionadas contemplem o conhecimento para o desenvolvimento de um modelo de empresa que abranja o conteúdo da empresa, estrutura e requisitos para melhorar a integração e a colaboração, Weichhart et al. (2016) sugerem o desenvolvimento de uma metodologia complementar para criação de modelos de empresas que conduzam especificamente o paradigma de Empresa S³.

Os modelos de empresas a serem desenvolvidos devem ser facilmente compreendidos e aplicáveis, já que modelos complexos tendem a ser rejeitados, ou seja, geram perda de tempo (NORAN, 2013). Considerando que a abordagem de Arquitetura de Empresa (*Enterprise Architecture/EA*) com seus padrões e representações compreensivas é ideal para desenvolver uma apropriada estratégia digital, auxiliando a aplicação dos conceitos sensíveis, inteligentes e sustentáveis (WEICHHART et al., 2016), a pesquisa busca, por meio de uma metodologia de modelagem, sistematizar os conceitos associados ao tema e caracterizar o princípio de

colaboração de modo a propiciar um suporte às empresas que buscam cada vez mais a sustentabilidade dos negócios, ou seja, a incorporação de novas abordagens de gestão.

1.3. MÉTODO DE PESQUISA

A estruturação metodológica da pesquisa está alicerçada no método científico dedutivo, que contempla pesquisa bibliográfica, coleta de informações e realização de pesquisa de campo para elaboração de proposições, modelos ou técnicas de solução (GIL, 2008). Com relação à abordagem de pesquisa, de acordo com Martins (2011), esta pesquisa se classifica como qualitativa que, na perspectiva da engenharia de produção, significa realizar visitas e observações para coletar evidências de variáveis de determinado objeto de estudo.

Os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa foram:

- Elaborar um referencial teórico atualizado sobre os temas empresa sensível (*sensing enterprise*), empresa inteligente (*smart enterprise*), empresa sustentável (*sustainable enterprise*);
- Elaborar uma revisão sistemática sobre redes colaborativas buscando identificar *insights* para o desenvolvimento de Empresas S³;
- Desenvolver a modelagem de empresas a partir de informações coletadas na literatura e instanciá-la em um caso real para verificar na prática a evolução dos conceitos estudados, resultando em contribuições práticas e teóricas sobre o tema.

A abordagem qualitativa proporciona para a pesquisa flexibilidade que tanto pode ser um ponto positivo como um problema (MARTINS, 2011). Dessa forma, devido a quantidade e complexidade de evidências coletadas, o referencial teórico previamente realizado orienta o pesquisador nessa abordagem. Assim, Lakatos e Marconi (2010) defendem que a realização da pesquisa bibliográfica é indispensável para a produção do conhecimento técnico-científico, consistindo, inicialmente, em atividades de seleção/interpretação de materiais que tenham estreita relação com o problema de pesquisa, possuindo como principal objetivo a ampliação e domínio do conhecimento disponível em uma dada área para auxiliar a fundamentação de hipóteses e construção de modelos.

A pesquisa segue a lógica do estudo de caso de natureza exploratória (YIN, 2010), uma vez que serão coletados e analisados dados de uma empresa do setor de máquinas e equipamentos relacionados ao objeto de estudo. A lógica do estudo de caso foi adotada porque oferece oportunidade para que os fenômenos pesquisados sejam analisados dentro de um contexto do mundo real e a característica exploratória foi oportuna para explorar questões

“como” e “por que” de informações (YIN, 2010) com o objetivo de modelar objetivos, regras de negócios, atores e recursos, componentes e requisitos técnicos, conceitos e processos de negócios de modo a ilustrar um caso real alinhado com a teoria pesquisada. Miguel e Sousa (2011) reforçam que o caráter exploratório do estudo é comum quando se trata de temas emergentes. Ou seja, essa abordagem é adequada para o estudo proposto sobre o contemporâneo conceito de Empresas S³.

O estudo de caso possui caráter empírico que investiga determinado problema no âmbito real contemporâneo, permitindo um aprofundamento de um dado conhecimento e geração de novas teorias (MIGUEL, 2011; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Conforme mencionado a respeito dos procedimentos metodológicos, as informações coletadas na literatura servirão de base para o desenvolvimento inicial dos modelos de empresas por meio da metodologia de modelagem For Enterprise Modeling (4EM), cuja descrição está apresentada nos itens 1.3.1. Modelagem de empresas e 1.3.1.1. For Enterprise Modeling – 4EM. Dentre as principais técnicas a serem utilizadas para a realização do caso de aplicação, optou-se pela entrevista com roteiro dirigido baseada nos temas que constituem o referencial teórico. As entrevistas são técnicas de coleta de dados amplamente utilizadas na pesquisa de estudo de caso interpretativo (SEURING; MÜLLER, 2008), uma vez que os pesquisadores podem colaborar com o participante do caso.

A análise dos resultados obtidos com a realização do caso de aplicação será baseada preliminarmente na avaliação de conteúdo das entrevistas dirigidas (exploração do material), de modo a confrontar os dados obtidos com a revisão da literatura previamente realizada. O Quadro 1 apresenta as características gerais da empresa pesquisada.

Quadro 1 – Descrição da empresa participante do estudo de caso

Localização	Pompeia/SP
Porte	Grande (1.001 – 5.000 funcionários)
Origem	Brasileira
Setor	Máquinas e equipamentos

O roteiro de entrevista (APÊNDICE A) desenvolvido para a coleta de informações contemplou perguntas que permitiram a modelagem organizacional de uma empresa que se encontra no rumo da nova abordagem apresentada nesta pesquisa. A revisão da literatura previamente realizada permitiu o embasamento das questões realizadas ao entrevistado. Por se tratar de um tema latente em que a tecnologia é altamente presente, optou-se por entrevistar um

gerente da área de tecnologia de informação que trabalha no ramo e na mesma empresa há 28 anos, ou seja, possui experiência e conhecimentos sólidos sobre o tema.

A escolha de realizar a pesquisa com um caso único está respaldada na representatividade da empresa participante do caso em seu setor de atuação (a empresa possui diversas características que estão sendo pesquisadas sobre Empresas S³, podendo representar um caso exemplo e fornecer informações e experiências fundamentais). Além disso, segundo Yin (2010), os casos únicos são fundamentados quando a teoria especificou um conjunto claro de proposições que precisam ser confirmadas, contestadas e/ou estendidas, podendo representar uma importante contribuição à base de conhecimento existente. Ou seja, optou-se por desenvolver um caso ilustrativo (ou caso-piloto) para contribuir (de forma prática e científica) com a abordagem incipiente apresentada nesta pesquisa.

Em pesquisas empíricas, recomenda-se a adoção de critérios que julguem a qualidade do trabalho (YIN, 2010; MIGUEL, 2011). Yin (2010), nesse contexto, sugere quatro testes para serem utilizados em estudos de caso, que são: validade do constructo, validade interna, validade externa e confiabilidade. De acordo com o autor, de modo geral, a validade do constructo apresenta medidas operacionais para conceitos que estão sendo estudados. A validade interna é recomendada para estudos explanatórios ou causais, já que seu objetivo é estabelecer relações causais entre diferentes condições, não sendo, portanto, aplicada aos estudos exploratórios. A validade externa se refere ao domínio ao qual as evidências encontradas na pesquisa podem ser generalizadas. Por fim, a confiabilidade visa proporcionar um maior entendimento dos procedimentos seguidos pelo pesquisador e a possibilidade de replicação por outros pesquisadores em situações similares. Assim, o Quadro 2 apresenta os três testes recomendados por Yin (2010) para julgar a qualidade da pesquisa que envolve um estudo de caso exploratório.

Quadro 2 – Critérios do estudo de caso

Testes	Atividades	Etapa da Pesquisa
Validade do constructo	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de entrevista semiestruturada (gravada) • Elaboração do roteiro de entrevista com dados da empresa e do entrevistado, questões-guia fornecidas pela metodologia 4EM e questões oriundas da revisão da literatura previamente realizada 	Coleta e análise de dados
Validade externa	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de relatórios divulgados pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) • Realização de ampla revisão bibliográfica sobre o tema de pesquisa • Representatividade da empresa participante do caso no setor de máquinas e equipamentos 	Planejamento da pesquisa
Confiabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de banco de dados para o estudo de caso • Protocolo de estudo de caso 	Coleta e análise de dados

O roteiro de entrevista (APÊNDICE A) foi elaborado a partir das informações obtidas com a revisão da literatura e com as questões-guia fornecidas pela metodologia de modelagem 4EM (ANEXO B), configurando a elaboração de medidas operacionais, recomendada pelo teste de “validade do constructo”. A entrevista foi previamente agendada, conforme a disponibilidade do entrevistado e, a fim de minimizar possíveis perdas de informações importantes durante a entrevista e más interpretações do conteúdo, a entrevista foi gravada e posteriormente transcrita para confecção de um banco de dados.

Em relação ao teste de “validade externa”, a Confederação Nacional das Indústrias /CNI (2016) divulgou um relatório contemplando uma sondagem especial sobre a Indústria 4.0 (uma iniciativa estratégica semelhante à de Empresas S³), onde participaram 2225 empresas no Brasil e o setor de máquinas e equipamentos ocupou o quarto lugar no *ranking* dos setores que mais utilizam tecnologias digitais. Complementarmente, a revisão da literatura proporcionou informações importantes sobre conceitos, princípios norteadores de Empresas S³, campos de pesquisa mais frequente no âmbito de redes colaborativas, motivadores e desafios atuais de redes colaborativas e Empresas S³, entre outras, que permitiram, durante o planejamento da pesquisa e escolha do caso ilustrativo, a elaboração de um roteiro de entrevista e sua aplicação.

A confiabilidade da pesquisa, por fim, é assegurada pela utilização de um protocolo de estudo de caso e posterior documentação para garantir a replicação dos procedimentos executados durante a pesquisa, minimizando possíveis erros e vieses inerentes ao estudo.

1.3.1. MODELAGEM DE EMPRESAS

A modelagem de empresas busca descrever um conjunto de fenômenos abstratos ou concretos de forma estruturada e, eventualmente, de uma maneira formal. Descrever, modelar e desenhar são técnicas fundamentais para apoiar a compreensão humana, o raciocínio e a comunicação (SANDKUHL et al., 2014). Para Vernadat (2002), Nof et al. (2006) e De la Fuente, Ros e Ortiz (2010), a modelagem é uma ferramenta para desenvolver modelos sobre a estrutura, comportamento e organização da empresa, a fim de compartilhar o conhecimento.

Mertins e Jochem (2005) comentam que a modelagem de empresas visa representar e tornar compreensível a estrutura e comportamento das organizações; analisar processos de negócio e, em muitos casos, servir de apoio técnico para reengenharia de processos; viabilizar o gerenciamento da complexidade dos sistemas produtivos; facilitar a compreensão do funcionamento organizacional; disponibilizar uma documentação para aumentar o autoconhecimento da organização possibilitando, conseqüentemente, a melhoria contínua de seus processos. A modelagem deve responder a questões como “por que”, “o que”, “quem”, “qual”, “quando”, “onde” e “como” (PÁDUA, 2012).

Bernus et al. (2016) reforçam a necessidade de uma modelagem de empresa que seja explícita e holística para a compreensão das interações do sistema e que mantenha a integridade dos modelos em termos de abrangência, sem limitar a um determinado componente da empresa como um sistema de interesse, já que o nível de detalhe e o ponto de vista da modelagem podem variar de acordo com os interesses dos *stakeholders*. Ainda, um aspecto importante dos modelos de empresas gerados pela modelagem é facilitar ações colaborativas e a comunicação entre os *stakeholders*.

Os principais benefícios alcançados com o uso da modelagem são: o manuseamento da complexidade de atividades empresariais; atribuição de múltiplas perspectivas nas visões dos modelos desenvolvidos; unificação das visões dos diversos *stakeholders*; representação comum dos processos industriais e sistemas que podem informar, apoiar e unificar várias formas de tomada de decisão; e a possibilidade de reuso generalizado dos modelos (RAHIMIFARD; WESTON, 2007).

A seleção da técnica adequada é um dos estágios essenciais em um projeto de modelagem de empresas e pode aumentar substancialmente as chances de sucesso (KASSEM; DAWOOD; MITCHELL, 2011).

1.3.1.1. For Enterprise Modeling – 4EM

A metodologia 4EM é proveniente de processos de melhorias da metodologia predecessora denominada *Enterprise Knowledge Development* (EKD). O EKD, originado em 1998, define uma abordagem estruturada para capturar diferentes aspectos de uma empresa em submodelos apropriados (BUBENKO; BRASH; STIRNA, 1998). Essa versão foi completamente revisada e estendida e incluiu melhorias na notação, refinamentos dos procedimentos de modelagem e abordagem do projeto (SANDKUHL et al., 2014).

A 4EM propicia um suporte sistemático para analisar, entender e documentar uma empresa, seus objetivos, processos de negócios e sistemas de apoio, baseando-se na modelagem organizacional, a fim de esclarecer todas as atuais funções corporativas, apresentar requisitos e razões necessárias para eventuais e determinadas mudanças organizacionais, expor alternativas para os referidos requisitos, bem como fornecer critérios lógicos e coerentes para a avaliação dessas alternativas (PÁDUA; CAZARINI; INAMASU, 2004; SANDKUHL et al., 2014).

Nesse sentido, a estruturação e descrição dos objetivos, entidades, processos e requisitos da organização proposta pela metodologia 4EM conduz ao melhor entendimento do negócio como um todo, facilita a aprendizagem e a comunicação da organização sobre questões pertinentes, auxilia o desenvolvimento e incremento das capacidades e processos, além de fortalecer o inter-relacionamento dos integrantes da empresa (SANDKUHL et al., 2014).

Os modelos de empresas podem ser usados na prática para representar, visualizar, compreender, comunicar, projetar e melhorar as operações da empresa com foco na qualidade, custo ou atrasos, bem como na eficiência e eficácia do sistema (VERNADAT, 2014).

O 4EM contempla seis submodelos inter-relacionados (Figura 1), são eles: modelo de objetivos, modelo de regras de negócio, modelo de conceitos, modelo de processos de negócio, modelo de atores e recursos e modelo de componentes e requisitos técnicos. Os referidos submodelos estão descritos a seguir (SANDKUHL et al., 2014):

- O modelo de objetivos representa o que a empresa e seus empregados buscam alcançar ou evitar e quando. Tal modelo esclarece questões como: para onde a organização deve se direcionar; quais são os objetivos da organização; qual a importância e as prioridades desses objetivos; como os objetivos se relacionam entre eles; quais problemas impedem a realização dos mesmos.
- O modelo de regras de negócio define e/ou mantém regras de negócio explicitamente formuladas, de acordo com o modelo de objetivos, podendo ser considerado como a operacionalização ou limitação dos objetivos. Tal modelo visa responder questões

como: quais regras afetam os objetivos da organização; quais são as políticas definidas; como determinados objetivos e regras de negócios se relacionam entre si; como os objetivos podem ser apoiados pelas regras.

- O modelo de conceitos é usado para definir conceitos e expressões que são relatados nos outros submodelos. Geralmente, responde questões como: quais conceitos são reconhecidos na empresa (incluindo seus relacionamentos com os objetivos, atividades, processos e atores); como os conceitos são definidos; quais as regras de negócios e restrições controlam os objetivos e conceitos.
- O modelo de processos de negócios representa os processos da empresa, o modo como os mesmos interagem e a maneira que lidam com as informações e materiais. De modo geral, os processos de negócios transformam determinadas informações e/ou materiais (*input*) em outras informações e/ou materiais (*output*) e buscam esclarecer questões como: quais atividades e processos pertencem à organização ou deveriam pertencer para gerenciá-la em consonância com seus objetivos; como os processos de negócios, tarefas, devem ser realizados; de quais informações os processos de negócios necessitam.
- O modelo de atores e recursos descreve como diferentes atores e recursos estão relacionados e como eles se relacionam com os componentes do modelo de objetivos e do modelo de processos de negócios. Tal modelo busca esclarecer questões, como: quem é ou deveria ser responsável por determinado processo/tarefa; quais são as responsabilidades definidas para cada ator.
- O modelo de componentes e requisitos técnicos define os requisitos relacionados ao desenvolvimento de sistema de informação necessários para dar suporte aos objetivos, processos e atores da empresa. Esse modelo busca responder questões como: quais são os requisitos para o desenvolvimento dos sistemas de informação; quais requisitos são gerados pelos processos de negócios; qual sistema de informação e componentes tecnológicos são utilizados na empresa, em qual processo e qual ator é responsável.

Figura 1 – Modelos da metodologia 4EM

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)

Conforme a Figura 1, os submodelos da metodologia estão todos relacionados. O modelo de conceitos é utilizado para esclarecer conceitos expostos em outros modelos que, todavia, precisam de mais explicações, a fim de evitar interpretações errôneas e uniformizar o conhecimento gerado. O modelo de objetivos está intrinsicamente ligado ao modelo de regras, já que as regras que operacionalizam ou limitam o alcance do objetivo. O modelo de processos, por sua vez, é disparado por alguma regra definida no modelo de regras e, normalmente, requer apoio do sistema de informação, componentes ou requisitos técnicos expressos no modelo de componentes e requisitos técnicos. O modelo de atores e recursos possuem papel fundamental no modelo de processo, no modelo de componentes e requisitos técnicos, no modelo de objetivos e no modelo de regras, já que nele é definido os responsáveis, ou seja, as pessoas e os recursos que serão alocados na situação analisada (SANDKUHL et al., 2014).

O uso da metodologia For Enterprise Modeling (4EM) permite, por meio dos seus submodelos, tratar o conhecimento como uma força crítica para o alcance do desempenho da empresa, facilitando a melhor tomada de decisão do negócio em tempo hábil (HAN; PARK, 2009). Os modelos de empresas permitem que a empresa entenda seu sistema e facilitam o planejamento dos futuros passos para se tornar sustentável (WEICHHART, 2014).

Por fim, diversas metodologias de modelagem foram desenvolvidas ao longo do tempo para fornecer linguagens de modelagem de processos de negócios que permitem a descrição de processos com vários graus de detalhes e diferentes pontos de vista. Guerrini e Pellegrinotti (2016) realizaram uma classificação das principais metodologias de modelagem existentes, apresentada na Tabela 1. Tal classificação justifica a adoção da metodologia 4EM, já que a mesma abrange todas as visões consideradas no comparativo.

Tabela 1 – Classificação das metodologias de modelagem

Metodologias	Objetivos	Decisão	Atividade	Dados	Organização	Informação	Processo
ARIS	-	-	x	x	x	x	x
CIMOSA	x	-	x	x	x	x	x
PERA	x	x	x	x	x	x	-
4EM	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de Guerrini e Pellegrinotti (2016)

A análise da Tabela 1 permite inferir que a metodologia *Architecture of Integrated Information Systems* (ARIS), por exemplo, engloba as visões funcional, de dados, organizacional, informação e processos da empresa, ou seja, trata de questões orientadas à estrutura funcional do negócio (SCHEER, 1994; VERNADAT, 1996). Sua estrutura é semelhante ao *Computer Integrated Manufacturing Open System* (CIMOSA), porém, ao invés de se preocupar com o sistema de produção informacional integrado, orienta-se às tarefas mais tradicionais dirigidas para o negócio dos sistemas de produção (VERNADAT, 1996).

A metodologia CIMOSA propõe a modelagem baseada em quatro visões: função (domínios, processos e atividades), informação (visão dos objetos da empresa), recurso (entidades funcionais e conjunto de capacidades) e organização (unidades organizacionais e funções) (KOSANKE, 1995; VERNADAT, 1996), bem como em três níveis: definição de requisitos, especificação de projeto e descrição de implementação (ABDMOULEH; SPADONI; VERNADAT, 2004). A arquitetura CIMOSA foca na construção de um modelo integrado para auxiliar no projeto da empresa, porém não cobre todo o ciclo de vida da empresa (CHALMETA; CAMPOS; GRANGEL, 2001).

A metodologia *Purdue Enterprise Reference Architecture* (PERA) é proveniente da Universidade de Purdue e inclui uma lista genérica de tarefas em uma fábrica e uma estrutura funcional hierárquica para relacioná-las entre si (SANDKUHL et al., 2014). Tal metodologia é orientada ao ciclo de vida da organização, definindo desde a missão até o nível operacional e obsolescência da empresa, porém, carece da visão de processo ou controle, caracterizando-se como uma metodologia para planejamento (WILLIAMS, 1994).

Uma das similaridades entre a metodologia ARIS e a 4EM é a redução da complexidade no processo de modelagem por meio de submodelos e a grande diferença é que a ARIS foca nos fluxos de controle, enquanto para a 4EM todas as perspectivas são igualmente importantes (SANDKUHL et al., 2014).

Desse modo, a metodologia 4EM, com seus seis submodelos supramencionados, busca integrar as visões dos objetivos, regras de negócios, processos, atores e recursos, conceitos associados, componentes e requisitos técnicos, propiciando uma maior abrangência dos aspectos relacionados à empresa (SANDKUHL et al., 2014).

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada de acordo com os seguintes capítulos:

- Introdução (Capítulo 1): apresenta o contexto no qual está inserida a pesquisa, os objetivos, a justificativa e o método de pesquisa.
- Revisão bibliográfica: a revisão da literatura foi dividida em dois capítulos, sendo que o Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre as empresas sensíveis, empresas inteligentes e empresas sustentáveis e o Capítulo 3 contempla uma revisão sistemática da literatura sobre redes colaborativas para identificação de motivadores, desafios e oportunidades existentes na interseção dessa disciplina com as Empresas S³. Esses capítulos apresentam o embasamento teórico da pesquisa.
- Modelagem de Empresas S³ (Capítulo 4): apresenta a contextualização da Empresa S³ em disciplinas já consolidadas (item 4.1), modelos de conceitos, objetivos e regras de negócios (item 4.2), a instanciação dos modelos em um caso real (item 4.3) e a discussão dos resultados (item 4.4).
- Considerações finais (Capítulo 5): apresenta as conclusões obtidas, limitações da pesquisa, principais contribuições e sugestões para futuros trabalhos.
- Apêndice A: inclui o roteiro de entrevista utilizado para coleta de informações do estudo de caso;
- Anexo A e Anexo B: incluem as notações dos submodelos da metodologia de modelagem 4EM e as questões-guia fornecidas pela metodologia 4EM, respectivamente.

A Figura 2 apresenta a estrutura da dissertação supramencionada:

Figura 2 – Estrutura da dissertação

2. EMPRESAS S³

Os efeitos da economia interconectada, crescimento do *e-commerce*, integração da cadeia de suprimentos, aumento de parcerias interorganizacionais e cooperações com instituições estatais são fatores que influenciam as atuais necessidades empresariais de se comunicar, cooperar, colaborar e interoperar com outras entidades. Tecnicamente, os avanços das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) corroboram com esse processo quando associadas aos princípios de integração e interoperabilidade empresariais que se referem à capacidade de sistemas e organizações trabalharem em conjunto (VERNADAT, 2010). A integração de empresas e a interoperabilidade nos sistemas de manufatura são conceitos-chaves para enfrentar os novos desafios desse ambiente (PANETTO; MOLINA, 2008).

Nesse sentido, as Empresas S³ incluem os desafios e atuais desenvolvimentos das empresas que desejam ser sustentáveis (econômico, social e ambientalmente) e competitivas, tomando, portanto, decisões inteligentes sobre suas estratégias, processos e uso de recursos. As Empresas S³ caracterizam-se pela capacidade de identificar e capturar informações de forma ágil, garantindo apropriadas tomadas de decisões que consideram aspectos sociais, ambientais e econômicos e, sobretudo, sustentando os avanços adquiridos ao longo do tempo (WEICHHART et al., 2016).

O conceito “*sensing enterprise*” foi definido em 2011 pela FInES Cluster Position Paper, como “uma empresa capaz de antecipar decisões futuras usando informações multidimensionais capturadas através de objetos físicos e virtuais e fornecendo informações de valor agregado para aumentar sua sensibilidade ao contexto global” (FInES CLUSTER, 2011). De acordo com Santucci, Martinez e Vlad-câlcic (2012), após essa definição de empresa sensível, houve uma crescente discussão na Europa envolvendo colaboração e inovação em empresas sensíveis. De forma consensual, os autores relataram que em 2025, sob o avanço da tecnologia de internet, tecnologia sensível e virtualidade, novas estratégias de negócios serão criadas e implementadas entre uma multiplicidade de objetos conectados.

Nesse contexto, a capacidade sensível é um requisito para entender tanto elementos externos (clientes, mercado, concorrência, redes sociais) quanto internos (desempenho de processos, recursos, regras, práticas de negócio e uso da tecnologia) (AGOSTINHO; PINTO; JARDIM-GONCALVES, 2014; MAURICIO-MORENO et al., 2015).

A empresa sensível se relaciona com a Internet das Coisas por meio da junção de redes de sensores *ad-hoc* e tecnologias facilitadoras (internet) e diferentes dispositivos que fundem os dados (coisas) (SANTUCCI; MARTINEZ; VLAD-CÂLCIC, 2012). Moisescu e Sacala

(2016) e Vargas et al. (2016) concordam que o desenvolvimento da internet está diretamente relacionado à capacidade sensitiva da empresa de adquirir automaticamente (por meio de dispositivos) dados e informações em tempo real.

Complementarmente, Lee e Lee (2015) comentam que a capacidade de antecipar um evento pré-definido é considerada a primeira etapa para o compartilhamento de informações e colaboração. Na área de cadeia de suprimentos, esse compartilhamento e colaboração melhoram o conhecimento da situação e evitam os atrasos e/ou distorções de informações.

Para Danila et al. (2013), a empresa sensitiva busca configurar a organização como uma entidade inteligente complexa capaz de sentir e reagir a estímulos do mercado através da integração de inteligência descentralizada, conscientização de contextos diversos, configuração dinâmica e tecnologia sensorial em processos de tomadas de decisão. Ferro-Beca et al. (2015) explanam que as empresas sensitivas devem adquirir *softwares* apropriados, bem como estruturar os negócios e habilidades técnicas para capturar, processar, analisar e realizar tomadas de decisão adequadas com base nas informações multidimensionais que coletarem.

Segundo Vargas et al. (2016), a sensibilidade é um atributo que permite a reação rápida aos estímulos de negócios provenientes da internet. Assim, os pesquisadores propuseram um *framework* para classificar, armazenar, organizar e relacionar todos os elementos da empresa sensitiva de modo conceitual. Agostinho, Ferreira e Jardim-Goncalves (2015), por sua vez, propuseram um sistema mediador que monitora o sistema de informação e seus dispositivos existentes na empresa, por meio da previsão de comportamentos futuros e detecta automaticamente mudanças já registradas anteriormente. Com isso, as interrupções de harmonização da rede são detectadas de forma oportuna e possíveis soluções são sugeridas para recuperar o *status* de interoperabilidade, reforçando assim a robustez para alcançar a sustentabilidade das redes de negócios.

Moisescu e Sacala (2016), nessa mesma linha de raciocínio, comentam sobre os *Cyber-Physical Systems* (CPS), os quais possuem como característica principal a capacidade sensitiva que é ativada por múltiplos sensores em rede e atuadores através de redes de sensores sem fio *Wireless Sensors Networks* (WSN). Esses sistemas são compostos basicamente por objetos físicos, sensores, atuadores (dispositivos mecânicos que permitem aplicar um movimento ou força específicos indiretamente no produto/processo), dispositivos de computação e redes de comunicação. De modo geral, os sistemas ciber-físicos recolhem inúmeros dados do ambiente físico através de diferentes tipos de sensores: umidade, câmeras, infravermelhos, ar, sensores de temperatura, entre outros.

Agostinho, Pinto e Jardim-Goncalves (2014) comentam que as *Smart Tags* e a *Radio Frequency Identificaton* (RFID), por exemplo, são componentes importantes para o CPS e para o desenvolvimento da WSN e já estão disseminados em muitos setores industriais (linhas de montagem de automóveis, produtos farmacêuticos, vestuário, entre outros).

As empresas inteligentes, por sua vez, podem ser entendidas como um arranjo de organizações que coordenam seus processos de negócios em um aspecto que exhibe um comportamento adaptativo, ágil e robusto visando garantir a criação de valor, sobrevivência e crescimento do arranjo de organizações (BUSQUETS; RODON; WAREHAM, 2009). Para Davis et al. (2012), a empresa inteligente é orientada para o desempenho e busca simultaneamente a minimização do consumo de energia, bem como a otimização do uso de materiais, a fim de alcançar a sustentabilidade ambiental, a segurança e a competitividade econômica. Além disso, a empresa deve ser capaz de integrar a inteligência de seus clientes, parceiros e envolvidos.

As tecnologias de manufatura inteligente requerem uma infraestrutura *cyber-physical* para coletar e analisar os dados e informações, aumentando a produtividade, agilidade e a sustentabilidade do negócio (HELU; HEDBERG JR., 2015). Zhang et al. (2017), em consonância, desenvolveram uma estrutura simples para alcançar a conectividade e interoperabilidade em tempo real e contínua entre as máquinas de fabricação e a futura fábrica inteligente aplicando o conceito de CPS.

Para Helu et al. (2015), o principal aspecto da manufatura inteligente é utilizar dados operacionais para tomar decisões. Esse processo inclui a delimitação do âmbito da decisão, identificação do dado, coleta do dado, transmissão e avaliação do dado coletado, agindo sobre os resultados e aprendendo com o processo para apoiar as futuras decisões.

Para Veza, Mladíneo e Gjeldum (2015) e Brodsky et al. (2017), as empresas inteligentes possuem como característica principal a produção de produtos inteligentes altamente customizáveis, onde os produtos e serviços são integrados e altos níveis de colaboração são alcançados através de redes de manufatura. Trentesaux, Borangiu e Thomas (2016) dissertam que a dimensão *smart* representa um controle inteligente de produtos, processos e sistemas industriais, já que os futuros produtos e sistemas serão sistematicamente conectados.

Em organizações inteligentes, as unidades de produção colaboram dinamicamente e em tempo real para criar valor reagindo aos desafios e incertezas dos ambientes em que elas operam e de seus clientes. No entanto, ainda existem barreiras para o desenvolvimento de empresas inteligentes como, por exemplo, a inércia organizacional, os ativos existentes, o desejo de preservação do trabalho, a prevalescência de diferentes sistemas de legado, a comodidade dos

relacionamentos comprador-cliente, as infraestruturas e metodologias logísticas custosas e ineficientes, a ausência de formatos padronizados e o fenômeno complexo que surge das interações dos concorrentes, incluindo empresas que aprendem e se adaptam às ações de outros (MUSA et al., 2014).

Sprock e McGinnis (2015) acrescentam que os mecanismos inteligentes de controle operacional não devem apenas integrar dados em tempo real, mas também formular e resolver uma ampla variedade de análises de maneira rápida e eficiente e, em seguida, traduzir os resultados em comandos executáveis. Em concordância, Bogle (2017) menciona os algoritmos inteligentes, métodos computacionais, para a utilização inteligente, compreensiva e oportuna dos dados.

Já o conceito sustentável se refere à combinação de aspectos econômicos, ambientais e sociais (ELKINGTON, 1998; SCHALTEGGER; BECKMANN; HANSEN, 2013). O desempenho econômico de uma empresa pode estar relacionado à confiabilidade de fornecedores e consumidores, à responsividade de compras, recursos e produção, à flexibilidade de produção e entrega, aos desempenhos financeiros e à qualidade dos produtos/serviços e processos, por exemplo. O aspecto ambiental, por sua vez, pode estar associado à certificação ambiental, ao uso de recursos (energias renováveis, reaproveitamento de água, reciclagem de produtos, entre outros), à poluição, à periculosidade dos produtos, bem como a ambientes naturais (respeito à biodiversidade, desenvolvimento de áreas urbanas e rurais). Por fim, o fator social está ligado às condições de trabalho, aos direitos humanos, ao compromisso social (educação, desenvolvimento cultural e tecnológico, assistência médica) e à responsabilidade social da empresa nas práticas de negócios (CHARDINE-BAUMANN; BOTTA-GENOULAZ, 2014).

Garetti e Taisch (2012) descrevem a empresa sustentável como aquela que possui a habilidade de utilizar de maneira inteligente os recursos produtivos, criando produtos e soluções que, com o apoio das novas tecnologias, medidas regulatórias e comportamentos sociais coerentes, sejam capazes de satisfazer os objetivos econômicos, ambientais e sociais da empresa, preservando o meio ambiente ao mesmo tempo em que se preocupam com a qualidade de vida dos consumidores.

Em consonância, Lloret (2016) consideram a sustentabilidade ambiental, a resistência social e a estabilidade econômica fatores competitivos. Por exemplo, a capacidade de produção de uma planta é uma limitação econômica, as preferências individuais de bens e serviços representam limitações sociais e a escassez de insumos como energia, água, ou processos de

gestão de resíduos representam limitações ambientais. Tais restrições, quando não consideradas na estratégia da empresa, podem limitar a competitividade e seu desempenho produtivo.

Nof et al. (2006) comentam que a crescente demanda dos consumidores por produtos personalizados, menor custo, mais qualidade e, ao mesmo tempo, recicláveis (preocupações ambientais) requer que os sistemas de produção sejam reconfigurados eficientemente de modo a absorver as novas soluções tecnológicas, desde sensores de nanotecnologia à comunicação *wireless*. De modo geral, segundo Boudreau, Chen e Huber (2008), a sustentabilidade requer práticas de negócios sustentáveis que, com o apoio dos sistemas de informação, possam melhorar a produtividade, reduzir os custos e aumentar a rentabilidade dos negócios.

Stock e Seliger (2016) acrescentam que os novos modelos de negócios estão sendo direcionados pelo uso de dados inteligentes para fornecer novos serviços que atendam aos requisitos dos clientes. Assim, os modelos de negócios sustentáveis são aqueles que reduzem os impactos negativos para o meio ambiente ou sociedade ou solucionam um problema ambiental ou social.

De acordo com Hanelt, Busse e Kolbe (2017), o alcance da sustentabilidade em grande escala é possível quando os sistemas de informação criam soluções híbridas, ambientes ciberfísicos, capazes de cumprir os requisitos de desempenho organizacional e práticas comerciais sustentáveis.

Nesse contexto, Fiksel (2012) desenvolveu o modelo do valor triplo para auxiliar o pensamento das ligações e fluxos de três categorias de sistemas: industrial, social e ambiental. Os sistemas industriais utilizam os recursos ambientais e cumprem com as exigências sociais, ou seja, agregam valor econômico aos recursos através das operações da cadeia de suprimentos, entregam ao mercado os produtos/serviços e se preocupam com o retorno do lixo ao meio ambiente. Os sistemas sociais são as comunidades ou instituições que consomem os produtos, serviços e energia fornecidos pelo sistema industrial, gerando lixo que deve ser reciclado ou depositado corretamente no meio ambiente. Os sistemas ambientais são a fonte de todos os recursos materiais e energéticos que fornecem bens e serviços “naturais” aos sistemas industriais e sociais.

Os futuros produtos, processos e sistemas industriais devem contar com os três pilares do desenvolvimento sustentável: econômico, ambiental e social (ELKINGTON, 1998; TRENTESAUX; BORANGIU; THOMAS, 2016). Isso garante que o impacto negativo de suas atividades seja o mínimo possível e os benefícios para a sociedade e para o crescimento econômico das empresas sejam crescentes (TRENTESAUX; BORANGIU; THOMAS, 2016).

3. REVISÃO SISTEMÁTICA DE REDES COLABORATIVAS: IMPLICAÇÕES PARA EMPRESAS S³

A formação de redes colaborativas preconiza o compartilhamento eficiente de informações e conhecimentos, tomadas de decisão ágeis e inteligentes para a melhoria do desempenho operacional, financeiro e organizacional. Tal configuração é motivada pelos avanços tecnológicos, crescente demanda por produtos personalizados e dinamismo característico da era digital. As Empresas sensíveis, inteligentes e sustentáveis (S³) abordam uma nova visão a ser disseminada entre as organizações que buscam vantagem competitiva. A originalidade dessa etapa da pesquisa está na identificação de desafios e oportunidades presentes na interseção dessas duas abordagens.

3.1. INTRODUÇÃO

A colaboração tem sido considerada um princípio fundamental para a sustentabilidade ambiental, social, econômica e ética das empresas que, diante da dinamicidade do mercado, devem desenvolver a habilidade de criar, compartilhar e compreender diferentes informações e conhecimentos (WEICHHART et al., 2016). As incertezas características do mercado competitivo preconizam o incentivo às ferramentas que promovam colaboração entre as empresas na busca mútua por redução de custos, aumento de confiança e atendimento às exigências dos consumidores (ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016).

Para Moghaddam e Nof (2015), a colaboração desempenha um papel essencial na melhoria dos processos de tomada de decisão que envolvem trabalhos intelectuais e refletem na produtividade das empresas. Em consonância, Fornasiero et al. (2016) comentam que a busca por vantagem competitiva tem conduzido os gestores de uma abordagem funcional tradicional para um gerenciamento holístico dos negócios, enfatizando a utilização de estratégias colaborativas para a produção de produtos complexos altamente customizados com foco nos níveis de serviços oferecidos e redução do tempo de resposta ao mercado.

Dangelico, Pontrandolfo e Pujari (2013) ressaltam que as empresas individualmente não são capazes de enfrentar os desafios do mercado global. Sendo assim, devem buscar a colaboração para adquirirem novos conhecimentos. As cadeias de suprimentos, as organizações virtuais, as empresas virtuais e as comunidades virtuais profissionais são alguns exemplos de redes colaborativas (DURUGBO, 2014).

Segundo Zhang et al. (2012), os acadêmicos e os profissionais concordam que a formação de elos colaborativos entre as empresas melhora o poder competitivo e o desempenho dos negócios como um todo. Entretanto, Carneiro et al. (2013) destacam algumas condições que devem ser levadas em conta para o alcance do desempenho esperado de uma rede colaborativa, tais como: o capital humano, o capital financeiro, o capital social, a infraestrutura e plataformas tecnológicas, bem como a organização e a gestão.

Assim, para apoiar as empresas tradicionais que buscam enfrentar os desafios impostos pelas empresas digitais, Weichhart et al. (2016) propuseram um novo paradigma denominado Empresas S³ que caracteriza a capacidade sensitiva de uma empresa para entender seu próprio ambiente e agir em consonância com as inúmeras informações coletadas, tomando decisões rápidas, eficientes e mais inteligentes, a fim de se tornar competitiva e sustentável.

Para recapitular, o conceito “*sensing enterprise*” indica a capacidade de antecipar decisões futuras por meio da captura de informações multidimensionais, possibilitando à empresa o alcance e conhecimento de diversos cenários (FERRO-BECA et al., 2015). O conceito “*smart enterprise*” se refere à capacidade de empresas se adaptarem rapidamente às mudanças e desafios do mercado competitivo de forma ágil para criar e explorar o conhecimento em resposta às oportunidades da era digital (FILOS, 2006). Já o conceito “*sustainable enterprise*” está associado a preocupações ambientais, sociais, econômicas e éticas (MAURICIO-MORENO et al., 2015).

A era do conhecimento requer que as organizações aprendam de modo mais ágil e flexível, ao mesmo tempo tirem proveito das oportunidades que a tecnologia oferece (VARGAS et al., 2016). Então, Weichhart et al. (2016) sinalizaram diversos desafios e desenvolvimentos necessários para que a abordagem sensitiva, inteligente e sustentável se torne uma realidade para as empresas do atual contexto digital.

Um dos desafios elencados por Weichhart et al. (2016) refere-se à caracterização da colaboração como mecanismo para enfrentar a evolução dessa abordagem. Assim, recomenda-se a adoção de uma abordagem *top-down* a partir de conceitos existentes e consolidados para que seja possível, posteriormente, uma abordagem combinada *top-down* e *bottom-up*, proporcionando consistência à Empresa S³.

A formação de redes colaborativas tem mostrado um crescimento incomensurável em uma grande variedade de formas (FORNASIERO et al., 2016). Portanto, este capítulo tem como objetivo analisar o quanto tem sido discutido na literatura de redes colaborativas mecanismos que sirvam como apoio ou inspiração às empresas que almejam crescimento competitivo, ou seja, que buscam rompimento positivo de modelos de negócios tradicionais.

3.2. MÉTODO DE REVISÃO

A revisão sistemática é uma metodologia que localiza estudos já realizados, seleciona e avalia suas contribuições, analisa e sintetiza dados, expondo evidências que permitem o alcance claro de conclusões desconhecidas, podendo, ademais, ser replicada em estudos posteriores (DENYER; TRANFIELD, 2009). A abordagem utilizada foi baseada em três principais passos, evidenciados por Tranfield, Denyer e Smart (2003): planejamento, condução e divulgação.

O primeiro passo (planejamento) consistiu em identificar as necessidades da revisão e desenvolver um protocolo de busca que foi utilizado para selecionar o conteúdo específico. A segunda etapa (condução) consistiu na seleção, avaliação, aquisição e síntese dos estudos selecionados. Por fim, o terceiro passo (divulgação) foi transcrever as evidências encontradas.

Dessa forma, inicialmente (etapa de planejamento), identificou-se na literatura uma oportunidade de pesquisa sobre um conceito contemporâneo (Empresas S³), cujo desenvolvimento e futura consolidação carecem de estudos mais aprofundados. Pela contemporaneidade do assunto, optou-se por revisar sistematicamente o conceito de “redes colaborativas” nos últimos anos em busca de evidências sobre a convergência das empresas para adoção de iniciativas estratégicas digitais. Foram identificados motivadores da colaboração, bem como domínios e abordagens de pesquisas mais utilizadas no contexto de redes de colaboração. As buscas das fontes bibliográficas apropriadas para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas envolvendo a palavra-chave “redes colaborativas”.

Na etapa de condução do estudo, foram selecionadas três bases de dados: Scopus, Web of Science e SciELO. A Scopus foi a base de dados que forneceu o maior número de documentos. Nas referidas bases de dados, a palavra-chave inserida foi “collabo* network*” com asteriscos para contemplar o termo e seu plural e entre aspas para buscar as duas palavras conjuntamente. As Tabelas 2, 3 e 4 exibem o protocolo de busca utilizado para a base de dados Scopus, Web of Science e SciELO, respectivamente.

Tabela 2 – Protocolo de busca na base de dados Scopus

<i>Protocolo de busca na base de dados Scopus</i>		
Filtros	Critérios	Número de documentos
1	Search for: "collabo* network*" In: Article Title, Abstract, Keywords	3846
2	Período de tempo: 2012 - 2017	1919
3	Document Type: Article	999
4	Language: English and Portuguese	926
5	Área de pesquisa: Engineering	156
6	Remoção de duplicados	153
7	Apenas textos disponíveis	107

Tabela 3 – Protocolo de busca na base de dados Web of Science

<i>Protocolo de busca na base de dados Web of Science</i>		
Filtros	Critérios	Número de documentos
1	Search for: "collabo* network*" In: Topic (Article Title, Abstract, Keywords)	2985
2	Período de tempo: 2012 - 2017	1523
3	Document Type: Article	918
4	Language: English and Portuguese	879
5	Área de pesquisa: Engineering	106
6	Remoção de duplicados	106
7	Apenas textos disponíveis	90

Tabela 4 – Protocolo de busca na base de dados SciELO

<i>Protocolo de busca na base de dados SciELO</i>		
Filtros	Critérios	Número de documentos
1	Pesquisa por: "redes colaborativas" OR "rede colaborativa" OR "redes de colaboração" OR "rede de colaboração" Em: Todos os índices Método: Integral Onde: Regional	50
2	Período de tempo: 2012 - 2017	29
3	Tipo de documento: Artigo	28
4	Linguagem: Português e Inglês	24
5	Área de pesquisa: Engineering	1
6	Apenas textos disponíveis	1

O primeiro filtro aplicado na busca foi a palavra-chave “collabo* network*” para a Scopus e Web of Science, e “redes colaborativas” ou “rede colaborativa” ou “redes de colaboração” ou “rede de colaboração” para a SciELO nos resumos, palavras-chaves e títulos dos documentos. O segundo filtro aplicado refere-se à limitação do tempo: optou-se por

selecionar os documentos dos últimos cinco anos de publicação (de 2012 a 2017). Por se tratar de uma abordagem incipiente (Empresas S³), considera-se que tal limitação não afeta negativamente a qualidade da pesquisa, já que os últimos anos são caracterizados por intensos avanços nas TICs, internet e redes sociais (FORNASIERO et al., 2016).

O terceiro filtro aplicado foi a seleção exclusiva de artigos, excluindo-se da busca materiais editoriais, resumos de conferências, anais de congresso, entre outros, em busca de um maior nível de qualidade da revisão. Segundo Fischl, Scherrer-Rathje e Friedli (2014) e Seuring e Gold (2012), os artigos de revistas passam por uma avaliação mais crítica que trabalhos publicados em conferências, bem como geralmente possuem contribuições mais relevantes.

O quarto filtro aplicado foi o idioma. Optou-se por buscar apenas artigos em inglês e/ou português por questão de conhecimento dos referidos idiomas pelos autores, não influenciando significativamente na quantidade de artigos disponíveis. O quinto filtro realizado foi selecionar apenas os artigos relacionados com a engenharia de modo geral, facilitando a compreensão do autor da pesquisa que possui familiaridade com os termos relacionados com essa área, garantindo uma leitura mais compreensiva dos artigos selecionados.

Posteriormente, como sexto filtro, removeu-se os artigos duplicados da mesma base de dados, resultando na quantidade de artigos disponíveis expostas nas Tabelas 2, 3 e 4. O Gráfico 1 apresenta a quantidade final de artigos selecionados de cada base de dados e por ano de publicação. Nota-se que o ano de 2013 foi bastante significativo para a disciplina de redes colaborativas.

Por fim, como os artigos não são exclusivos de uma base de dados, analisou-se a duplicidade de artigos entre as três bases de dados pesquisadas, resultando em 138 artigos no total, conforme exposto na Tabela 5. Tais artigos foram lidos na íntegra e as contribuições adquiridas serão expostas na sequência, na etapa de divulgação das evidências encontradas.

Tabela 5 – Total de artigos selecionados

QUANTIDADE DE ARTIGOS DISPONÍVEIS	
Scopus + Web of Science + SciELO =	198
Artigos repetidos =	-60
TOTAL =	138

Vale ressaltar que, devido aos filtros aplicados na seleção dos artigos, algumas pesquisas relevantes sobre o tema não estão contidas nos 138 artigos. Portanto, almejando a qualidade da pesquisa, optou-se por incluir na análise alguns trabalhos relevantes sobre redes colaborativas e conceitos *sensing*, *smart* e *sustainable*, considerados importantes para o estudo em questão: indicadores de desempenho baseado nos benefícios da colaboração (CAMARINHA-MATOS; ABREU, 2007), *framework* para análise de empresa baseado em princípios semânticos (FERRO-BECA et al., 2015), organizações inteligentes na era digital (FILOS, 2006), *framework* de referência sobre *sensing*, *smart* e *sustainable* (MAURICIO-MORENO et al., 2015),

Após a leitura na íntegra dos 138 artigos, quinze artigos foram desconsiderados da análise por não apresentarem contribuições relevantes, bem como devido a erros operacionais das bases de dados durante a triagem, fornecendo documentos que não apresentavam a palavra-chave de acordo com o protocolo de busca e um dos documentos selecionados tratava-se de um livro. Portanto, no total, 123 artigos contribuíram com a presente pesquisa.

A Tabela 6 apresenta, em síntese, alguns periódicos e a quantidade respectiva de artigos selecionados. A maioria dos artigos foram extraídos do “*International Journal of Production Research*” (15 artigos), seguido do “*International Journal of Computer Integrated Manufacturing*” (14 artigos), “*Production Planning and Control*” (9 artigos), “*Research Policy*” (9 artigos), “*Journal of Technology Transfer*” (7 artigos), “*Social Network Analysis and Mining*” (4 artigos), “*Expert Systems with Applications*” (4 artigos), “*Journal of Intelligent Manufacturing*” (4 artigos).

Dos journals “*International Journal of Technology Management*” e “*Industrial Management & Data Systems*” foram selecionados três artigos de cada. Enquanto da “*Computers in Industry*”, “*Computers & Industrial Engineering*”, “*International Journal of Production Economics*”, “*International Journal of Applied Systemic Studies*”, “*Journal of Manufacturing Technology Management*”, “*Tsinghua Science and Technology*”, “*Journal of Cleaner Production*” e “Gestão e Produção” foram selecionados dois artigos de cada.

As “outras publicações”, presente na Tabela 6, referem-se aos periódicos onde foram selecionados uma publicação como, por exemplo, “*Logistics Research*”, “*International Journal of Applied Engineering Research*”, “*International Journal of Distributed Sensor Networks*”, “*International Journal of Industrial and Systems Engineering*”, “*International Journal of Production Management and Engineering*”, “*IRBM*”, “*Journal of Industrial Engineering and Management*”, “*Journal of Production Innovation Management*”, entre outros.

Tabela 6 – Relação de *journals* de origem dos artigos selecionados

Nomes dos Journals	Número de artigos selecionados
International Journal of Production Research	15
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	14
Production Planning and Control	9
Research Policy	9
Journal of Technology Transfer	7
Social Network Analysis and Mining	4
Expert Systems with Applications	4
Journal of Intelligent Manufacturing	4
International Journal of Technology Management	3
Industrial Management & Data Systems	3
Computers in Industry	2
Computers & Industrial Engineering	2
International Journal of Production Economics	2
International Journal of Applied Systemic Studies	2
Journal of Manufacturing Technology Management	2
Tsinghua Science and Technology	2
Journal of Cleaner Production	2
Gestão e Produção	2
Outras publicações	35
Total	123

Na sequência, a etapa de divulgação, baseada em Tranfield, Denyer e Smart (2003), está centrada na análise e síntese dos artigos selecionados.

3.3. REDES COLABORATIVAS

O estímulo à pesquisa sobre redes colaborativas pode ser atribuído ao significativo impacto que as mesmas possuem sobre a competitividade das empresas (TATICCHI et al., 2012). O rápido avanço das tecnologias, especificamente, da internet, melhorou as capacidades

de computação, compartilhamento e comunicação, conduzindo as incertezas quanto ao futuro dos modelos de negócios tradicionais (VARGAS et al., 2016).

As tomadas de decisões centralizadas, no contexto competitivo e dinâmico do atual mercado, podem gerar ineficiências no desempenho de toda a rede de empresas (ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016). Assim, as lacunas que existem sobre as novas, emergentes e futuras tecnologias para redes colaborativas devem ser sanadas (DURUGBO, 2016).

Embora a internet desempenhe um papel fundamental na infraestrutura informacional, ocasionando a atual expansão de sistemas eletrônicos, Chen et al. (2013) e Sonchack, Aviv e Smith (2015) ressaltam que a segurança de dados é um grande desafio devido às inúmeras ameaças possíveis. Para Mazzola, Perrone e Kamuriwo (2016), a colaboração pode impactar em geração de novas ideias, na inovação e no desempenho financeiro, porém também pode limitar substancialmente a capacidade da empresa de apropriar-se do valor de tais benefícios. Michaelides et al. (2013) e Andres, Sanchis e Poler (2016) apontam como desafio a infraestrutura tecnológica de Pequenas e Médias Empresas (PMEs) para formação de redes colaborativas.

Diante de benefícios e desafios discutidos sobre as redes colaborativas, a seguir ressaltam-se os principais motivadores da colaboração, os principais focos de pesquisa, as principais abordagens utilizadas, baseando a construção de evidências sobre a nova abordagem (Empresas S³).

3.3.1. MOTIVADORES DA COLABORAÇÃO

O entendimento sobre os benefícios advindos do princípio de colaboração são pré-requisitos para incentivar a formação de redes colaborativas (CAMARINHA-MATOS; ABREU, 2007). Dessa forma, buscou-se na literatura os principais fatores que motivam as organizações a colaborarem. Para Wang (2016), o conhecimento acerca dos benefícios advindos da colaboração provoca o aumento de financiamento de programas especiais de apoio à pesquisa colaborativa.

3.3.1.1. Compartilhamento de informações e conhecimentos

A habilidade de compartilhar informações e conhecimentos motiva as empresas a constituírem redes colaborativas (CAO; THOMPSON; TRICHE, 2013; BENABEN et al.,

2013; JAYARAM; PATHAK, 2013). Uma rede colaborativa integra o fluxo de informações, permitindo que os parceiros compartilhem e coordenem informações operacionais, táticas e estratégicas (DURUGBO, 2014).

O compartilhamento de informações agrega valor aos negócios, favorecendo a competitividade, bem como estimulando o poder de inovação e aprendizado das empresas (VARGAS et al., 2016). Como ferramentas de apoio ao compartilhamento, mencionam-se a TIC (VARGAS et al., 2016), os sistemas de *Radio Frequency IDentification* (RFID) (QUETTI; PIGNI; CLERICI, 2012), sistemas baseados em padrões que permitem a interação computador-humano através de um serviço *web* (LIN et al., 2012), internet (LAI; TAM; CHAN, 2012).

Para Kumar (2014), a gestão do conhecimento permite agregar diferentes fatores como planejamento, produção, distribuição, maquinário, métodos, materiais utilizados e pessoas de modo a melhorar as tomadas de decisões, adaptar-se às novas tecnologias e compartilhar o conhecimento através das redes colaborativas. Por isso, Arriagada e Alarcón (2014) definem a gestão do conhecimento como uma estratégia competitiva para as empresas. Shankar et al. (2013) ressaltam também o impacto positivo dessa gestão nas competências, experiências e perspectivas dos funcionários da organização.

Ainda, Huang et al. (2016) acrescentam que a colaboração com universidades, institutos de pesquisa e, especialmente com fornecedores, reflete na eficiência da inovação através de comunicação técnica, transferência de conhecimento e construção de confiança. Di Cagno, Fabrizi e Meliciani (2014) complementam que a incessante busca por conhecimento faz com que os países de fronteira tecnológica busquem incentivos para colaborarem com outros países que investem mais intensamente em pesquisa, a fim de criarem redes de excelência.

Esse relacionamento entre países pode gerar conhecimentos heterogêneos em um escopo amplo, enquanto o relacionamento entre cidades desencadeia confiança e informações colaborativas em um escopo menor (GUAN; ZHANG; YAN, 2015). Nesse contexto, a União Europeia financia projetos colaborativos entre as organizações com a intenção de disseminar e, eventualmente e consequentemente, criar novos conhecimentos (PROTOGEROU; CALOGHIROU; SIOKAS, 2013). Segundo Broekel, Fornahl e Morrison (2015), as empresas que atuam em *clusters* estão mais propensas a receberem subsídio em pesquisa e desenvolvimento, beneficiando-se da facilidade de acesso ao conhecimento difundido nessa concentração de empresas que buscam a colaboração.

No âmbito acadêmico, a colaboração para a produção de conhecimento científico é crescente (WANG, 2016). Geralmente, os cientistas promovem o intercâmbio de conhecimento em troca de reconhecimento no meio científico (WELCH; JHA, 2016). Por fim, Swarnkar et al.

(2012) ressaltam que a identificação, aquisição, manutenção, compartilhamento e evolução do conhecimento requerem estratégias, ferramentas e métodos adequados, além de definições claras sobre as consequências e necessidades das parcerias colaborativas.

3.3.1.2. Compartilhamento de recursos e competências

A indústria transformadora enfrenta desafios no mercado competitivo relacionados aos custos trabalhistas, acesso a recursos críticos e competências de classe mundial. Esse mercado, assistido pela TIC, preconiza relações de colaboração entre as empresas (TATICCHI et al., 2012). Companhias aéreas, indústrias manufatureiras, prestadores de serviços de manutenção e logística terceirizados são alguns exemplos de empresas que compartilham capacidades entre entidades de uma rede como estratégia competitiva (MOGHADDAM; NOF, 2014).

A adoção do princípio de colaboração nos negócios auxilia o compartilhamento de recursos e competências (MICHAELIDES et al., 2013; LIOTTA; KAIHARA; STECCA, 2016; SOCHAT, 2015), refletindo na captura de oportunidades de negócios (HSIEH; LIN, 2014), na rentabilidade da empresa (SWARNKAR et al., 2012), no acesso às informações e conhecimentos e na reputação da empresa (MICHAELIDES et al., 2013).

Em consonância, Leung (2013) acrescenta que um empreendedor enfrenta diversas incertezas, dentre elas a questão da capacidade de recursos que pode ser minimizada através de colaboração com empresas, tornando acessível recursos críticos ou complementares para momentos de necessidade. No setor logístico, diversos gerentes enfrentam essa incerteza e, para mitigá-la, buscam a colaboração logística para obterem recursos e benefícios que dificilmente conseguiriam individualmente (DAUDI; HAUGE; THOBEN, 2016).

De acordo com De Prato e Nepelski (2014) e Pereira, Sousa e Soares (2013), o compartilhamento de recursos que, na maioria das vezes, são intransferíveis e específicos de determinada localização, fomenta a busca por parceiros internacionais para colaboração em projetos de inovação.

A construção civil, por exemplo, produz produtos únicos e exclusivos de diversas e complexas naturezas sem um ambiente padronizado de produção, requerendo, portanto, a coordenação eficiente de um grupo de organizações que integram recursos, habilidades e experiências por um determinado período de tempo para satisfazer as necessidades do cliente (ARRIAGADA; ALARCÓN, 2014).

Na agricultura, os produtores rurais colaboram para manter o compartilhamento de recursos (ferramentas, espaço físico, conhecimento) e vendas diretas (em lojas agrícolas) (BAEK; MERONI; MANZINI, 2015).

Por fim, na perspectiva da ciência, os pesquisadores geralmente colaboram motivados pelo compartilhamento de conhecimento, benefícios, competências, possibilidade de melhorar a citação, reconhecimento, visibilidade global (CHEN et al., 2013; WELCH; JHA, 2016) e acesso às novas áreas de pesquisa (SABATIER; CHOLLET, 2017).

3.3.1.3. Compartilhamento de riscos e benefícios

A motivação de uma empresa para colaborar com outra está relacionada à busca por complementar suas competências, compartilhar os riscos inerentes do negócio e alcançar benefícios de novas oportunidades (MING; GRABOT; HOUE, 2014). Em relação aos riscos, o investimento em expansão de capacidade é a incerteza que motiva um tomador de decisão a colaborar com outras empresas, já que as tecnologias sofrem uma rápida obsolescência (RENNA, 2013a).

Os projetos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) são altamente motivados à formação de parcerias para compartilhamento de riscos e benefícios (BOJANOWSKI; CORTEN; WESTBROCK, 2012), especificamente a fase inicial de desenvolvimento do produto (JAYARAM; PATHAK, 2013).

Por fim, a medida que a empresa evolui os relacionamentos de colaboração se tornam estritamente baseados no cálculo de custos e benefícios (JENSEN; SCHOTT, 2015). Com base em alguns preceitos, Effio et al. (2013) propuseram uma plataforma de colaboração *on-line* para incentivar o gerenciamento de riscos de forma mais eficiente e eficaz, especialmente em casos com diminuição de recursos técnicos, financeiros e humanos.

3.3.1.4. Demanda crescente por variedade de produtos e customização

A competitividade está intrinsecamente associada à customização de produtos e serviços que, segundo Cheikhrouhou, Pouly e Madinabeitia (2013), possibilita agregação de valor ao cliente, qualidade de serviço e aumento no volume de vendas. A colaboração, nesse sentido, surge como mecanismo para que as empresas consigam adaptar seus negócios.

A demanda crescente por produtos customizados gera a necessidade de aproveitamento do conhecimento de todos os *stakeholders* (LYONS et al., 2013). Como exemplo da diversidade de produtos, Fornasiero et al. (2016) mencionam as necessidades de grupos específicos como pessoas idosas, obesos, deficientes, diabéticos, entre outros. Tais grupos desafiam as empresas a produzirem produtos personalizados inovadores, com alta qualidade e preços acessíveis. Para enfrentar esse desafio, Michaelides et al. (2013) sinalizam um novo paradigma: a produção personalizada em massa, que depende do esforço colaborativo para a combinação de novas ideias e conhecimentos.

Zhang et al. (2012), em consonância com os desafios supramencionados, comentam que a colaboração entre empresas é um mecanismo para gerenciar a demanda crescente por serviços associados aos processos de produção, ou seja, a tendência dos fabricantes de produtos em agregar valor aos negócios por meio da adição de serviços oferecidos ou mesmo comercializar os produtos como um serviço. Essa servitização é possível em redes colaborativas (ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016).

Em síntese, a demanda por produtos de alta qualidade e personalização é uma realidade das modernas organizações produtivas. Nesse sentido, o emergente *e-work* que contempla operações colaborativas apoiadas por computador em organizações distribuídas de seres humanos, robôs e sistemas autônomos, pode servir como uma ferramenta para auxiliar as empresas tradicionais (ZHONG; OZSOY; NOF, 2016).

3.3.1.5. *Dinamicidade e competitividade do mercado*

A complexidade e dinamicidade do mercado configuram um ambiente de negócios altamente competitivo (QUETTI; PIGNI; CLERICI, 2012; CAO; THOMPSON; TRICHE, 2013). Intensas mudanças como o rápido desenvolvimento tecnológico, a internacionalização do mercado e do comércio, bem como questões socioeconômicas e políticas têm afetado a sociedade e as empresas (MACCARTHY; JAYARATHNE, 2012).

Esse novo cenário impulsiona a adoção de estratégias colaborativas em busca de soluções competitivas (CAO; THOMPSON; TRICHE, 2013; DURUGBO; RIEDEL, 2013; MING; GRABOT; HOUE, 2014; SWARNKAR et al., 2012; THIMM; RASMUSSEN, 2013; MA; SHI; ZHAO, 2012), já que uma empresa individualmente dificilmente é capaz de sobreviver (PENG; MENG, 2016; DURUGBO, 2016; VARGAS et al., 2016; MARIANO; GUERRINI; REBELATTO, 2012).

As redes colaborativas melhoram a sociabilidade e usabilidade das TICs (DURUGBO, 2016), sendo consideradas eficazes para questões geográficas e sociais, já que possibilita uma relação de confiança entre os parceiros, estabelecimento de políticas comuns, infraestrutura e interoperabilidade (NORAN, 2013). A interoperabilidade, acrescida dos riscos relacionados aos custos, das incertezas do negócio e da obsolescência dos produtos, para Durugbo e Riedel (2013) são desafios que estimulam as empresas a colaborarem. De acordo com Jardim-Goncalves et al. (2013), as dinâmicas exigências do mercado interferem nos sistemas e modelos de negócios das empresas que, por sua vez, interferem na harmonização e interoperabilidade das redes colaborativas.

Em hospitais, o ambiente externo turbulento desencadeia mudanças organizacionais internamente, bem como em outros serviços de saúde, universidades, empresas subcontratadas, usuários, entre outros que estão interconectados (DIAS; ESCOVAL, 2012). No âmbito acadêmico, o ambiente dinâmico reflete na quantidade crescente de publicações, conferências e responsabilidades que o pesquisador necessita sintetizar e impactam a sociedade como um todo (SOCHAT, 2015).

Nesse contexto, Minguela-Rata, Fernandez-Menendez e Fossas-Olalla (2014) e Noran (2012) sinalizam a necessidade de renovação, expansão, adaptação e até mesmo modificação de produtos e processos das empresas. Os consumidores têm exigido produtos de alta qualidade, com agilidade e custo/benefício, preconizando a preocupação das empresas em termos de recursos e capacidades necessários (MINGUELA-RATA; FERNANDEZ-MENENDEZ; FOSSAS-OLALLA, 2014; SWARNKAR et al., 2012; FORNASIERO et al., 2016; FORNASIERO; ZANGIACOMI, 2013; MOGHADDAM; NOF, 2015; SAETTA; TIACCI; CAGNAZZO, 2013; TRAPPEY et al., 2013).

Volpentesta e Ammirato (2013) e Almeida et al. (2016) ressaltam que os consumidores, em relação aos produtos alimentícios, têm exigido, além da qualidade, alimentos seguros, saudáveis e produzidos eticamente, levando os produtores agroalimentares a buscarem novas alternativas de negócios.

Nesse sentido, Lelah et al. (2012) e Moghaddam e Nof (2014) reforçam que as redes de colaboração possibilitam a construção e gerenciamento de sistemas complexos e dinâmicos. Shankar et al. (2013), complementarmente, acrescentam que durante o gerenciamento desses sistemas, faz-se necessário evitar a perda de conhecimento durante o desenvolvimento de produtos, considerado um fator-chave para o sucesso da rede. Macke et al. (2013) destacam, assim, o capital social como um recurso competitivo fundamental para as práticas colaborativas.

Em síntese, a reconfiguração ágil, modularidade, comunicação aberta (MOGHADDAM; NOF; MENIPAZ, 2016), flexibilidade, disponibilidade de recursos humanos e tecnológicos, disponibilidade de variedade de produtos/serviços e agilidade de processos de negócios (MSANJILA, 2013) são algumas exigências do mercado que conduzem as organizações ao princípio de colaboração.

3.3.1.6. *Exploração e captação de novas oportunidades de negócios*

A colaboração é um mecanismo para capturar novas oportunidades de negócios e, consequentemente, poder competitivo (BENABEN et al., 2013). As PMEs focam em suas competências essenciais e buscam parcerias quando necessitam de capacidades ou recursos adicionais para captarem uma determinada oportunidade de negócio (CHEIKHROUHOU; TAWIL; CHOUDHARY, 2013).

Msanjila (2013) comenta que a colaboração interorganizacional de curto prazo entre as PMEs, conhecida como organizações virtuais (*virtual organizations*), normalmente são orientadas às oportunidades de negócios e são estabelecidas dentro de uma determinada rede de organização de longo prazo.

As redes colaborativas representadas por alianças estratégicas de longo prazo têm como objetivo principal fornecer condições para que as empresas consigam configurar-se rapidamente diante de uma nova e inesperada oportunidade de negócio (TATICCHI et al., 2012) como, por exemplo, o dinâmico mercado de *smartphones* (KARHU; TANG; HÄMÄLÄINEN, 2014).

No contexto acadêmico, um dos motivos principais para que os pesquisadores iniciem um processo colaborativo é a influência positiva na identificação de novas oportunidades, bem como o acesso facilitado a diferentes recursos (BOEHM; HOGAN, 2014; SABATIER; CHOLLET, 2017). Tais motivos também são válidos para o setor de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) (MAZZOLA; PERRONE; KAMURIWO, 2016; LEUNG, 2013),

Swarnkar et al. (2012) propuseram um sistema chamado Serviço de Moderador Colaborativo que aborda questões relacionadas à colaboração baseada no conhecimento, fornecendo um conjunto de funcionalidades para aumentar a conscientização dos usuários sobre novas oportunidades, áreas mais problemáticas e lições aprendidas durante o processo de colaboração.

Por fim, segundo Welch e Jha (2016), a colaboração entre as empresas possibilita, além do acesso a outras competências, conhecimentos e oportunidades de negócio, o aumento de

visibilidade e o reconhecimento de competências próprias. Dessa forma, a busca por parceiros colaborativos é um importante canal para a conquista de novos clientes (JANSSON; KARVONEN, 2014).

3.3.1.7. Inovação

A demanda por sistemas industriais inovadores de alto desempenho e agilidade nos negócios motivam a formação e consolidação de redes de colaboração (ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016; GUAN; ZHANG; YAN, 2015). Segundo Dias e Escoval (2012), as redes colaborativas possuem seis vezes mais capacidade de desenvolver inovação em comparação com as organizações que operam individualmente. Em concordância, Msanjila (2013) acrescenta que individualmente, dificilmente uma empresa poderá fornecer soluções inovadoras, de qualidade e rentáveis, capazes de aproveitarem as oportunidades de negócios.

Minguela-Rata, Fernandez-Menendez e Fossas-Olalla (2014) estudaram o efeito da colaboração tecnológica com fornecedores e a influência do tamanho da empresa no desenvolvimento de inovações de produtos. Os resultados indicam que as empresas que colaboram tecnologicamente estão mais propensas a gerarem inovações de produtos e, especificamente, inovações radicais e, quanto maior a empresa, mais provável a geração de inovações.

Essa influência do tamanho da empresa é reforçada por Taticchi et al. (2012) que comentam que as PMEs possuem diversas limitações em relação à geração de inovação. Assim, Rijnsoever, Welle e Bakker (2014) discutem sobre a concessão de subsídios governamentais para a inovação tecnológica através de redes de inovação e apontam que tais recursos financeiros são geralmente escassos e requerem que as empresas interessadas demonstrem credibilidade para obterem uma parte desse recurso. Em síntese, os autores dissertam que os subsídios podem ser instrumentos úteis para superar os obstáculos da colaboração e do desenvolvimento de inovação em torno de uma tecnologia emergente.

Beaudry e Allaoui (2012) acrescentam que o financiamento público em pesquisas facilita a produção de conhecimento e constitui um elemento fundamental no desenvolvimento de inovações de alta tecnologia. Para Guan et al. (2016) e Guan e Liu (2016), as redes colaborativas possibilitam a recombinação de ideias e conhecimentos, gerando inovações e novos conhecimentos a serem compartilhados.

Por fim, a gestão do conhecimento, a construção de confiança e a comunicação entre os parceiros de uma rede colaborativa são fatores essenciais para a inovação (GUAN; ZHANG;

YAN, 2015). A falha em aproveitar o conhecimento inserido na rede colaborativa é prejudicial ao processo de inovação, reforçando a importância da gestão do conhecimento para garantir o desenvolvimento de novos produtos e a qualidade da inovação (SHANKAR et al., 2013).

3.3.1.8. Melhoria do desempenho dos negócios

Diversas organizações buscam estabelecer redes de colaboração para ganharem agilidade, competitividade, complementarem atividades, aperfeiçoarem recursos, ganharem poder de inovação (LAI; TAM; CHAN, 2012), flexibilidade, eficiência e eficácia das atividades operacionais (SAETTA; TIACCI; CAGNAZZO, 2013). O cenário colaborativo, em sua essência, engloba critérios, mecanismos e decisões que melhoram o desempenho dos negócios (LIOTTA; KAIHARA; STECCA, 2016; LEUNG, 2013).

Para Moghaddam, Nof e Menipaz (2016), a colaboração é comprovadamente uma estratégia eficaz para melhorar o nível de serviço, a estabilidade do processo e a utilização dos recursos produtivos. De acordo com Andres, Sanchis e Poler (2016), o envolvimento de parceiros colaborativos no processo de produção garante a eficiência da comunicação entre *designers* de produtos, engenheiros e clientes.

Na construção civil os parceiros colaboram para atingirem o tempo/prazo estimado do projeto, reduzirem custos, alcançarem metas de cronograma, reduzirem erros de projeto, aumentarem a eficiência do planejamento e monitoramento das atividades. Vale ressaltar que esses objetivos visam benefícios mútuos e não devem resultar em conflito de interesses entre os parceiros de negócio (GRILO et al., 2013).

A colaboração entre os pesquisadores científicos é almejada para melhorar a qualidade da pesquisa, aumentar a produtividade científica (KIM; PEREZ, 2015; KIM; JUNG, 2016) e a longevidade (CHAKRABORTY; GANGULY; MUKHERJEE, 2015).

Em projetos de P&D, a colaboração impulsiona o intercâmbio de conhecimento, o compartilhamento de recursos e custos entre os colaboradores, melhorando os resultados esperados, ou seja, o desempenho do setor (GUAN et al., 2016). Em projetos humanitários, as redes colaborativas interorganizacionais melhoram a qualidade dos serviços prestados aos clientes, bem como otimizam o uso de recursos e reduzem as despesas (TCHOUAKEU et al., 2013). No estudo de Noran (2014), as redes colaborativas são motivadas pela urgência em resgatar vidas, preconizando, portanto, eficiência e interoperabilidade nos serviços.

Por fim, Zhang et al. (2012) comentam que tanto no contexto acadêmico quanto industrial, a motivação para colaboração está intrinsecamente associada à busca de melhoria do desempenho dos negócios e, conseqüentemente, competitividade.

3.3.1.9. Rápido avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)

O rápido avanço das TICs associado à crescente dispersão de conhecimentos relevantes demanda a colaboração entre as empresas (MICHAELIDES et al., 2013). Assim, inúmeras formas de organizações em redes colaborativas surgem para atender as necessidades do mercado e da sociedade (ANDRES; POLER, 2013; QUETTI; PIGNI; CLERICI, 2012; CARNEIRO et al., 2013) como, por exemplo, organizações virtuais e *clusters* regionais (RENNA, 2013b).

Segundo Cardoso e Camarinha-Matos (2013) e Arriagada e Alarcón (2014), as TICs apoiam a colaboração e a quebra de barreiras geográficas do mercado global. Para Vargas et al. (2016), a complexidade das organizações exige processos de negócios flexíveis sustentados por infraestrutura tecnológica eficiente. Os sistemas de informação tornaram-se fatores estratégicos para as empresas e requerem uma constante adaptação para serem sustentáveis ao longo do tempo.

Nesse contexto, Durugbo (2016) ressalta que *softwares* colaborativos como o *IBM Lotus Domino* e o *Oracle Beehive* são avanços da tecnologia e servem como mecanismo para gerenciar as redes colaborativas. Moghaddam, Nof e Menipaz (2016) complementam que as tecnologias com suporte cibernético melhoram os níveis de serviços prestados, a utilização dos recursos disponíveis e a estabilidade da empresa. Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2012) concordam que o avanço das TICs facilita a sustentabilidade de redes colaborativas.

As TICs acumulam conhecimento de diferentes domínios e, portanto, são utilizadas para alavancar o relacionamento colaborativo para benefícios de programas, produtos e processos (DURUGBO, 2016). Para Lyons et al. (2013), as TICs são particularmente pertinentes para ajudar a gerenciar a natureza altamente imprevisível da demanda e os curtos prazos de entrega associados aos produtos.

Tchouakeu et al. (2013) ressaltam em sua pesquisa que as TICs e o crescimento da internet móvel contribuem significativamente para a capacidade das organizações humanitárias de colaborarem de forma mais eficaz no socorro às vítimas em caso de catástrofes. Lyons et al. (2013), por sua vez, aplicaram um *framework* de referência em algumas redes de empresas e observaram que as empresas colaboram mais estreitamente em iniciativas como o inventário

gerido por fornecedores (*Vendor Managed Inventory/VMI*), agrupamento de armazéns e uso de TICs através da rede.

As tecnologias de rede possibilitam a harmonização das comunicações internas e externas (DURUGBO, 2014). Bellini et al. (2012) propuseram um sistema móvel conectado a um portal colaborativo com o apoio das TICs.

A colaboração em pesquisa científica é amplamente apoiada por tecnologias que permitem o acompanhamento momentâneo de avanços em métodos e resultados. Além disso, o progresso científico e tecnológico muitas vezes são derivados de colaborações científicas (HUANG et al., 2015). Para Leung (2013), os avanços das TICs facilitam o intercâmbio de informações e conhecimentos entre os pesquisadores e os custos associados a essas comunicações de longa distância são convenientes. Complementarmente, Xiao (2016) comenta que a colaboração em áreas interdisciplinares é uma tendência crescente.

Por fim, para Chen et al. (2013), o avanço das TICs, especificamente a internet, representa um fator motivador para a criação de relacionamentos colaborativos devido aos inúmeros ataques que confrontam a segurança das redes. No entanto, Moghaddam e Nof (2015) ressaltam que ao mesmo tempo que a tecnologia possibilita novas oportunidades e soluções para diferentes desafios, também demanda constante melhoria e avanços capazes de enfrentar novos desafios como, por exemplo, a interoperabilidade.

3.3.1.10. Redução de custos

A formação de redes colaborativas representa desafios econômicos, organizacionais e tecnológicos. Em particular, as questões econômicas refletem diretamente na motivação dos parceiros (CARNEIRO et al., 2013). Portanto, Kandjani, Bernus e Wen (2014) ressaltam a importância da estruturação eficiente da rede colaborativa para que os custos de adoção dessa estratégia não superem os benefícios almejados.

As crises econômicas e inúmeras incertezas no cenário global impulsionam os processos colaborativos para reduzir custos, melhorar a confiança e atender às exigências do mercado consumidor (ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016). Saetta, Tiacci e Cagnazzo (2013) ilustram o caso do Gruppo Poligrafico Tiberino (GPT) que é uma rede composta por 21 empresas dos setores de conversão, embalagem e logística de papel que unindo competências especializadas de diferentes parceiros conseguem diminuir prazos de entrega e custos, e aumentar personalização e qualidade.

Paltriccia e Tiaci (2016) também evidenciam a diminuição de custos de transporte por meio da formação de redes colaborativas entre os fornecedores. Por fim, os mecanismos de colaboração, especificamente as redes colaborativas, podem ser considerados pilares que sustentam a inovação, a redução de custos e o compartilhamento de conhecimento (GOMES; MARQUES; GUERRINI, 2017).

3.3.1.11. Sustentabilidade ambiental

A degradação ambiental tem se tornado uma das principais ameaças à sobrevivência humana no futuro. A pressão dos consumidores por inovações sustentáveis ambientalmente motiva as empresas a buscarem novas estratégias como a adoção de parceiros colaborativos para alcançarem a proteção ambiental e o crescimento econômico (HUANG et al., 2016).

Nesse contexto, Jaegler e Burlat (2012) mencionam o aquecimento global, causado pelo aumento das emissões de gás carbônico e relacionado às atividades industriais e humanas de modo geral, como fator que motiva as empresas a melhorarem a reputação ambiental e social, conquistando, conseqüentemente, redução de custos e poder competitivo através da colaboração de empresas. Dangelico, Pontrandolfo e Pujari (2013) complementam que os gestores têm se atentado ao quesito de sustentabilidade ambiental no processo de desenvolvimento de produtos, intensificando as parcerias colaborativas.

Karimi e Khalilpour (2015) estudaram a evolução das pesquisas sobre captura e armazenamento de carbono e observaram que tais pesquisas acompanharam a tendência de parcerias colaborativas internacionais para a mitigação de mudanças climáticas. Segundo Koh et al. (2013), os esforços colaborativos contribuem com a redução/minimização dos impactos ambientais.

3.3.1.12. Sustentabilidade econômica, ambiental e social

A importância da sustentabilidade em termos econômicos, ambientais e sociais tem sido notavelmente incorporada em redes colaborativas (KOH et al., 2013; LELAH et al., 2012), refletida no alinhamento e comprometimento dos parceiros da rede, de modo a assegurar o atendimento às necessidades humanas enquanto preservam o meio ambiente (ALMEIDA et al., 2016).

O estudo realizado por Maccarthy e Jayarathne (2012) destaca os benefícios de uma rede fortemente colaborativa na questão da sustentabilidade econômica, social e ambiental. Para os pesquisadores, a sustentabilidade da rede requer um planejamento estratégico, bem como um entendimento comum de como os parceiros operam, colaboram e interagem com a sociedade e o ambiente físico.

Como desafios, Moghaddam e Nof (2015) apontam o equilíbrio entre os três pilares (econômico, social e ambiental), conhecido como manufatura sustentável, para a próxima geração de projetos e desenvolvimento de sistemas de fabricação.

Em síntese, o Quadro 3 na sequência apresenta o compilado dos supramencionados motivadores de colaboração.

Quadro 3 – Motivadores da colaboração (continua)

MOTIVADORES DA COLABORAÇÃO	AUTORES
Compartilhamento de informações e conhecimento	Arriagada e Alarcón (2014); Baek, Meroni e Manzini (2015); Benaben et al. (2013); Cao, Thompson e Triche (2013); Chen et al. (2013) (b); Di Cagno, Fabrizi e Meliciani (2014); Durugbo (2014); Huang et al. (2016); Lai, Tame e Chan (2012); Lin et al. (2012); Lyons et al. (2013); Ma et al. (2015); Michaelides et al. (2013); Moghaddam e Nof (2014); Noran (2013); Protogerou, Caloghirou e Siokas (2013); Afzal et al. (2015); Beaudry e Allaoui (2012); Broekel, Fomahl e Morrison (2015); Daudi, Hauge e Thoben (2016); Effio et al. (2013); Guan, Zhang e Yan (2015); Guan et al. (2016); Jayaram e Pathak (2013); Shankar et al. (2013); Wang (2016); Swarnkar et al. (2012); Vargas et al. (2016); Welch e Jha (2016)
Compartilhamento de recursos e competências	Arriagada e Alarcón (2014); Baek, Meroni e Manzini (2015); Boehme e Hogan (2014); Cheikhrouhou, Tawil e Choudhary (2013); Chen et al. (2013) (b); De Prato e Nepelski (2014); Hsieh e Lin (2014); Liotta, Kaihara e Stecca (2016); Ma et al. (2015); Michaelides et al. (2013); Moghaddam e Nof (2014); Pereira, Sousa e Soares (2013); Renna (2013); Daudi, Hauge e Thoben (2016); Durugbo (2016); Guan et al. (2016); Sochat (2015); Taticchi et al. (2012); Swarnkar et al. (2012); Welch e Jha (2016)
Compartilhamento de riscos e benefícios	Bojanowski, Corten e Westbrook (2012); Ming, Grabot e Houe (2014); Renna (2013); Beaudry e Allaoui (2012); Durugbo (2016); Effio et al. (2013); Jayaram e Pathak (2013); Jensen e Schott (2015); Taticchi et al. (2012); Welch e Jha (2016)
Demanda crescente por variedade de produtos e customização	Cheikhrouhou, Pouly e Madinabeitia (2013); Fornasiero e Zangiacomi (2013); Fornasiero et al. (2016); Lyons et al. (2013); Michaelides et al. (2013); Zhong, Ozsoy e Nof (2016); Zhang et al. (2012)
Exploração/captação de novas oportunidades de negócios	Benaben et al. (2013); Boehme e Hogan (2014); Cheikhrouhou, Tawil e Choudhary (2013); De Prato e Nepelski (2014); Hsieh e Lin (2014); Mazzola, Perrone e Kamuriwo (2015); Jansson e Karvonen (2014); Karhu, Tang e Hämäläinen (2014); Koh et al. (2013); Leung (2013); Mariano, Guerrini e Rebelatto (2012); Msanjila (2013); Taticchi et al. (2012); Swarnkar et al. (2012); Welch e Jha (2016)

Quadro 3 – Motivadores da colaboração (conclusão)

MOTIVADORES DA COLABORAÇÃO	AUTORES
Inovação	Laosirihongthong, Prajogo e Adebanjo (2014); Minguella-Rata, Fernandez-Menendez e Fossas-Olalla (2014); Andres, Sanchis e Poler (2016); Rijnsoever, Welle e Bakker (2014); Beaudry e Allaoui (2012); Dias e Escoval (2012); Guan, Zhang e Yan (2015); Guan et al. (2016); Guan e Liu (2016); Jensen e Schott (2015); Msanjila (2013); Shankar et al. (2013); Taticchi et al. (2012)
Melhoria do desempenho dos negócios	Grilo et al. (2013); Kime e Perez (2015); Kime e Jung (2016); Lai, Tame e Chan (2012); Liotta, Kaihara e Stecca (2016); Macke et al. (2013); Andres, Sanchis e Poler (2016); Chakraborty, Ganguly e Mukherjee (2015); Guan et al. (2016); Lazarte et al. (2013); Leung (2013); Myllämiemi et al. (2013); Noran (2014); Tchouakeu et al. (2013); Saetta, Tiacchi e Cagnazzo (2013); Swarnkar et al. (2012); Zhang et al. (2012)
Dinamicidade e competitividade do mercado	Cao, Thompson e Triche (2013); Cardoso e Camarinha-Matos (2013); Durugbo e Riedel (2013); Durugbo (2015); Fornasiero et al. (2016); Fornasiero e Zangiacomi (2013); Jardim-Goncalves et al. (2013); Lelah et al. (2012); Lyons et al. (2013); Maccarthy e Jayarathne (2012); Macke et al. (2013); Michaelides et al. (2013); Minguella-Rata, Fernandez-Menendez e Fossas-Olalla (2014); Moghaddame e Nof (2014); Noran (2013); Andres, Sanchis e Poler (2016); Zhong, Ozsoy e Nof (2016); Peng e Meng (2016); Quetti, Pigni e Clerici (2012); Almeida et al. (2016); Andres e Poler (2013); Dias e Escoval (2012); Durugbo (2016); Lazarte et al. (2013); Ma, Shi e Zhao (2012); Mariano, Guerrini e Rebelatto (2012); Msanjila (2013); Noran (2012); Shankar et al. (2013); Sochat (2015); Taticchi et al. (2012); Trappey et al. (2013); Saetta, Tiacchi e Cagnazzo (2013); Swarnkar et al. (2012); Thimme e Rasmussen (2013); Vargas et al. (2016); Volpentesta e Ammirato (2013)
Rápido avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)	Arriagada e Alarcón (2014); Beckett e Jones (2012); Bellini et al. (2012); Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2012); Cardoso e Camarinha-Matos (2013); Carneiro et al. (2013); Chen et al. (2013); Durugbo (2014); Durugbo (2015); Fornasiero et al. (2016); Lyons et al. (2013); Michaelides et al. (2013); Noran (2013); Andres, Sanchis e Poler (2016); Zhang et al. (2015); Quetti, Pigni e Clerici (2012); Renna (b) (2013); Andres e Poler (2013); Beaudry e Allaoui (2012); Durugbo (2016); Huang et al. (2015); Karhu, Tang e Hämäläinen (2014); Leung (2013); Msanjila (2013); Taticchi et al. (2012); Tchouakeu et al. (2013); Xiao (2016); Vargas et al. (2016)
Redução de custos	Carneiro et al. (2013); Kandjani, Bernus e Wen (2014); Andres, Sanchis e Poler (2016)
Sustentabilidade ambiental	Dangelico, Pontrandolfo e Pujari (2013); Huang et al. (2016); Karimi e Khalilpour (2015); Koh et al. (2013)
Sustentabilidade econômica, ambiental e social	Lelah et al. (2012); Maccarthy e Jayarathne (2012); Almeida et al. (2016); Koh et al. (2013)

3.3.2. ABORDAGENS DE PESQUISA

A identificação de abordagens de pesquisa no contexto de redes colaborativas tem como objetivo evidenciar as abordagens mais utilizadas pelos pesquisadores recentemente, verificando uma possível tendência nessa área.

De acordo com o Gráfico 2, nota-se que a maioria das publicações analisadas apresentam propostas de *frameworks*, sistemas, modelos de referência, arquiteturas, protótipos, com aplicação em diferentes setores e em quantidade de empresas distintas.

Durugbo e Riedel (2013) propuseram um modelo conceitual para avaliar a prontidão das organizações em redes colaborativas para atender o sistema produto/serviço. Nesse caso, os pesquisadores complementaram a pesquisa com estudo de caso múltiplo em quatro diferentes setores. Grilo et al. (2013), por sua vez, propuseram um modelo para lidar com questões de interoperabilidade dos negócios no contexto de redes colaborativas. Para tanto, aplicaram o referido modelo em uma empresa do setor de construção civil.

Ainda, Kumar (2014) propôs um *framework* para a gestão do conhecimento, podendo servir como um sistema de alerta precoce para evitar excessivos *recalls* de produtos. Esse *framework* foi abordado em um estudo prático no setor alimentício. Também, Lyons et al. (2013) desenvolveram um *framework* de referência baseado no conhecimento para demonstrar como a variedade de produtos e a personalização podem ser apoiados através de diferentes redes colaborativas (relacionamento cliente-fornecedor), generalizando sua aplicação para qualquer setor.

Nesse contexto, a segunda abordagem mais utilizada trata-se de revisão bibliográfica. Di Cagno, Fabrizi e Meliciani (2014) realizaram um estudo empírico sobre projetos de P&D e concluíram que a participação em projetos financiados pela União Europeia é um importante canal de transferência de conhecimento. Karimi e Khalilpour (2015) desenvolveram uma revisão bibliométrica, considerando os anos de 1980 a 2013, sobre a tendência evolutiva das colaborações internacionais para captura e armazenamento de carbono, analisando a rede de colaboração dos países que publicam sobre esse assunto. Kim e Perez (2015) consideraram os anos de 1997 a 2012 para realizarem uma revisão bibliométrica acerca da ecologia industrial.

A terceira abordagem mais comum foi a proposição de modelos, *frameworks*, protótipos, sistemas, arquiteturas, etc., de modo conceitual ou matemático, sem aplicações práticas. Fornasiero e Zangiacomi (2013) desenvolveram um modelo de referência considerando aspectos organizacionais, tecnológicos e conhecimento, inspirado em PMEs. Li e Du (2015), por sua vez, propuseram um *framework* para suportar o compartilhamento de

dados entre todos os participantes de uma rede colaborativa, propondo a nuvem como principal ferramenta de apoio. Segundo os pesquisadores, o referido *framework* é um sistema inteligente intermediário que auxilia as empresas a procurarem, questionarem e recomendarem potenciais colaboradores.

Por fim, *surveys* e estudos de caso também foram abordados, porém em menor quantidade de pesquisas. Macke et al. (2013) realizaram um *survey* para identificar a relação entre os elementos do capital social interorganizacional e a competitividade da rede colaborativa. Dias e Escoval (2012) também utilizaram o *survey* para identificar os principais pilares da inovação em hospitais e concluíram que a colaboração externa é o principal condutor da inovação, enquanto a tecnologia se comporta como um mecanismo facilitador da inovação nos hospitais.

O estudo de caso como abordagem de pesquisa principal foi utilizado na pesquisa de Saetta, Tiacci e Cagnazzo (2013), onde apresentaram a primeira organização que adotou o modelo de Escritório de Desenvolvimento Virtual (*Virtual Development Office/VDO*). Boehm e Hogan (2014), por sua vez, realizaram um estudo de caso qualitativo para analisar redes colaborativas entre universidades e indústrias.

Em síntese, conforme exposto no Gráfico 2, aproximadamente 55% dos estudos selecionados propuseram modelos, arquiteturas, *frameworks* protótipos ou sistemas, considerando ambos os estudos que aplicaram em um caso real e os que não aplicaram em um caso real. Observa-se que essa quantidade expressiva vai ao encontro do desafio sinalizado por Weichhart et al. (2016) em relação à utilização da modelagem de empresas para apoiar o desenvolvimento de Empresas S³.

Gráfico 2 – Abordagens de pesquisa

3.3.3. DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO

Em relação às redes colaborativas é evidente que os campos de aplicação são os mais diversos possíveis. No entanto, o intuito de sistematizar a ocorrência dos mesmos nos últimos anos é elucidar possíveis aplicações no âmbito de Empresas S³.

Aproximadamente 34% dos estudos foram realizados sem especificar um setor, ou seja, o “geral” exposto no Gráfico 3, trata-se de estudos que geralmente apresentam problemas e soluções sem necessariamente associá-los a um determinado campo. Por exemplo, Chen et al. (2013) propuseram um sistema colaborativo de gerenciamento de segurança de rede que pode identificar e tratar novos ataques distribuídos com mais rapidez e eficácia. Huang et al. (2016), por sua vez, estudaram o quanto a pressão regulatória e a pressão do cliente afetam as decisões ambientais das organizações.

O Gráfico 3 evidencia que estudos em torno de redes colaborativas no contexto acadêmico têm sido bastante frequentes. Boehm e Hogan (2014) investigaram o papel do pesquisador principal em projetos de pesquisa colaborativos e validaram empiricamente o papel empreendedor na construção de redes colaborativas. Chakraborty, Ganguly e Mukherjee (2015), por sua vez, propuseram dois modelos de classificação para prever no início da carreira de um pesquisador, quanto tempo o grupo ao qual pertence se manterá atuando e o quanto será produtivo.

Outros estudos, conforme exposto no Gráfico 3, focaram em projetos de P&D, tecnologia, organização virtual, PMEs, hospital, agricultura, construção civil, telecomunicação, setor alimentício, indústria têxtil, setor aeronáutico e serviços urbanos. Arriagada e Alarcón (2014) propuseram um modelo para desenvolvimento de estratégias de gestão e maturação do conhecimento aplicado à construção civil. Baek, Meroni e Manzini (2015) propuseram um *framework* para a concepção de serviços colaborativos em comunidades agrícolas.

O termo “outros”, presente no Gráfico 3, composto por 17 publicações, corresponde a pesquisas que especificaram o setor de estudo, porém, foram únicos em abordar tal setor. Por exemplo, foram identificados estudos realizados em *start-ups*, indústria de autopeças, agências ambientais estaduais, indústria da seda, indústria do malte, indústria de vinho, indústria bio-farmacêutica, indústria moveleira, consultorias, organização humanitária, entre outros.

Por fim, essa diversidade de campos a serem estudados no âmbito de redes colaborativas motiva a condução de estudos sobre as Empresas S³. Nota-se que independente do setor ou foco da pesquisa, as empresas e universidades de modo geral estão buscando relacionamentos colaborativos para enfrentar os desafios do mercado competitivo.

Gráfico 3 – Campos de estudos de redes colaborativas

3.3.4. RELAÇÃO DE PAÍSES QUE MAIS PUBLICAM

No *ranking* dos países que mais publicam sobre redes colaborativas estão a China, em primeiro lugar, seguida dos Estados Unidos, da Inglaterra, Itália, França, Portugal, Austrália e assim por diante. O Brasil publicou três artigos em revistas internacionais nos últimos 5 anos, ou seja, demonstra uma carência de pesquisas sobre o tema. O Gráfico 4 apresenta a relação de países, sendo que os “outros” correspondem aos países que tiveram uma única publicação no período selecionado, tais como o Canadá, Alemanha, Áustria, Coreia do Sul, Suíça, Chile, entre outros.

Gráfico 4 – Relação de publicações por países

Os estudos de redes colaborativas estão evidentes no contexto acadêmico, conforme exibido no Gráfico 3. O Gráfico 5 apresenta a porcentagem dos artigos publicados com

parceiros internacionais e aqueles que não formaram parcerias internacionais. Ou seja, a maioria (73%) dos artigos foram desenvolvidos entre pesquisadores de uma única nacionalidade, enquanto 27% foram elaborados com um ou mais parceiros internacionais. Dentre os países que mais formaram parcerias internacionais estão a Alemanha e a Inglaterra, seguidas dos Estados Unidos e China.

Gráfico 5 – Colaborações internacionais e nacionais entre pesquisadores

3.4. ANÁLISE DA INTERSEÇÃO DE REDES COLABORATIVAS E EMPRESAS S³

A realização da revisão sistemática em torno de uma disciplina difundida e consolidada (redes colaborativas) buscou detectar o quanto os pesquisadores têm direcionado, ainda que indiretamente, suas respectivas pesquisas às novas iniciativas estratégicas (Empresa S³).

A partir da leitura dos artigos selecionados, foi possível destacar doze principais motivadores para a formação de redes colaborativas: compartilhamento de informações e conhecimento; compartilhamento de recursos e competências; compartilhamento de riscos e benefícios; demanda crescente por variedade de produtos e customização; dinamicidade e competitividade do mercado; exploração e captação de novas oportunidades de negócios; inovação; melhoria do desempenho dos negócios; TICs; redução de custos; sustentabilidade ambiental; e sustentabilidade econômica, ambiental e social.

O compartilhamento de informações e conhecimentos está profundamente associado às Empresas S³, já que, segundo Weichhart et al. (2016), o sistema *smart* tem a habilidade de lidar com uma grande quantidade de informações fornecidas pelos sistemas sensíveis, que são responsáveis por manipular, organizar e analisar todas as fontes de dados e informações.

O compartilhamento de recursos e competências remete ao conceito *sensorconomy*, traduzido por Weichhart et al. (2016) como o sistema capaz de conectar diferentes sensores inteligentes e dispositivos móveis para fornecer informações em tempo real de diversos contextos, tais como informações fabris, comportamento do consumidor, compartilhamento de

recursos, entre outros. Também, a sustentabilidade requer novos modelos de negócios, tecnologias, recursos humanos, otimização de produtos, processos e sistemas.

A exploração e captação de novas oportunidades de negócios, no contexto de Empresas S³, são um dos benefícios da *smart enterprise* que, de acordo com Filos (2006), adapta-se rapidamente às mudanças e é suficientemente ágil. O compartilhamento de riscos e benefícios também diz respeito à agilidade em termos de aproveitamento de conhecimento de diversas fontes.

Assim como o rápido avanço das TICs que são as grandes protagonistas da atual digitalização de empresas, a dinamicidade e competitividade do mercado foram realidades que motivaram Weichhart et al. (2016) no desenvolvimento e proposição de uma nova abordagem para conduzir e prosperar uma empresa.

A demanda crescente por variedade e customização de produtos pode ser considerada também um fator motivador para o desenvolvimento da abordagem de Empresas S³, já que todos os aspectos associados visam fornecer a capacidade para uma empresa tradicional se transformar em uma empresa digital e assim conseguir atender a demanda por customização e variedade a um custo competitivo. Ou seja, as empresas sensíveis, inteligentes e sustentáveis abrangem os aspectos necessários para enfrentar os desafios da digitalização.

A sustentabilidade econômica, ambiental e social é a empresa sustentável, proposta por Weichhart et al. (2016) que, em concordância com a tendência do mercado, aparece como motivador da colaboração na pesquisa sistemática realizada. Por fim, a melhoria do desempenho dos negócios é um dos objetivos da empresa que adota os princípios e mecanismos sensíveis, inteligentes e sustentáveis.

A necessidade de adotar novos paradigmas de condução dos negócios é uma realidade (RENNA, 2013b). O mercado digital tem exigido que as empresas trabalhem com serviços eletrônicos interoperáveis em ambientes colaborativos, apoiados pelas emergentes tecnologias e pela integração de todos os *stakeholders* (JARDIM-GONCALVES et al., 2013).

Em consonância com os pressupostos de Empresas S³, Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2012) propuseram um plano estratégico de pesquisa para o desenvolvimento de um novo ecossistema digital, abrangendo as perspectivas sociais, organizacionais e tecnológicas, buscando contribuir com a sustentabilidade demográfica. De modo mais abrangente, Almeida et al. (2016) propuseram o desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis que abordaram problemas econômicos, sociais e ambientais.

O ecossistema digital é a infraestrutura técnica utilizada para conectar serviços e informações através da internet e permitir transações em rede (KARHU; TANG;

HÄMÄLÄINEN, 2014). A colaboração cibernética permite que os participantes tomem decisões rápidas e mais inteligentes (ZHONG; OZSOY; NOF, 2016).

O trabalho realizado por Andres, Sanchis e Poler (2016) identificou treze áreas de interesse no contexto de redes colaborativas para apoiar as empresas a participarem de processos colaborativos: cadeia de suprimento ágil; computação em nuvem; *enterprise applications*; interoperabilidade de empresas; arquiteturas dirigidas a eventos; *Everything as a Service* (EaaS); *Internet of Everything* (IoE); gestão de processos de manufatura; otimização de processos de manufatura; computação móvel; ontologias; tecnologia/software de recursos abertos; e fluxos de orquestração.

Na área da computação móvel, Bellini et al. (2012) propuseram uma solução denominada “medicina móvel” que explora uma coleção de tecnologias de computação semântica e ferramentas para fornecer serviços inovadores (em tempo real) para médicos.

Benaben et al. (2013), no âmbito de elaboração de ontologias, buscaram solucionar barreiras semânticas entre modelos de negócios e modelos técnicos no contexto colaborativo de desenvolvimento de sistemas de informação interoperáveis. As Empresas S³ carecem de uma ontologia capaz de interpretar semanticamente os elementos do modelo de empresa para reduzir o risco de equivocados entendimentos de informações e conhecimentos advindos de fontes diversas (WEICHHART et al., 2016).

Também, a literatura apresentou modelos de referência para viabilizar a produção sob demanda de produtos de maneira digital (FORNASIERO; ZANGIAZOMI, 2013), considerando três níveis de decisão (estratégico, tático e operacional), bem como quatro dimensões estruturais (conhecimento, TICs, organização e sustentabilidade) (FORNASIERO et al., 2016).

Essa produção digital remete ao moderno modelo de negócio, denominado *Product-Service System* (PSS), onde são propostos serviços de apoio aos novos produtos. As cidades modernas estão equipadas com sensores que medem os dados ambientais como o ruído ou os níveis de poluição. O modelo de negócio proposto é frequentemente uma forma de PSS com os sensores sendo de propriedade da empresa que fornece o serviço (LELAH et al., 2012). Também, como exemplo do aumento de prestação de serviços, tem-se a terceirização de atividades fabris, máquinas *Computers Numeric Control* (CNCs), logística, armazéns públicos, entre outros (ZHANG et al., 2012).

Na área da computação em nuvem, Chen et al. (2014) ressaltam que a mesma tem modificado a infraestrutura de serviços de internet permitindo que as organizações construam rapidamente aplicações *web* e móveis para milhões de usuários, aproveitando a escala e a

flexibilidade (CHEN et al., 2014). Andres, Sanchis e Poler (2016) comentam sobre o Projeto Europeu H2020: *Cloud Collaborative Manufacturing Networks* (C2NET), que se trata de um projeto destinado ao desenvolvimento de uma plataforma em nuvem para apoiar e otimizar a gestão da rede.

Nesse contexto, Daudi, Hauge e Thoben (2016) atribuem a responsabilidade pela transformação dos sistemas de interação físico-social tradicionais em sociedades em rede principalmente à computação em nuvem. Lai, Tam e Chan (2012) introduziram um novo modelo de serviço na computação em nuvem: o conhecimento como um serviço (*Knowledge as a Service/KaaS*), que facilita as interoperações entre os membros de uma rede de conhecimento.

A respeito da IoE, Michaelides et al. (2013) comentam que as tecnologias da internet permitem que as redes de colaboração virtuais se envolvam de forma transparente em discussões que demonstram uma riqueza de perspectivas quando se trata de solução de problemas e troca de ideias inovadoras. Noran (2012) reforça a aplicabilidade da internet em reuniões empresariais *on-line*, remetendo à agilidade nas tomadas de decisões. A internet fornece estímulos para as empresas sensíveis (VARGAS et al., 2016).

No âmbito de interoperabilidade de empresas, Corella, Rosale e Simarro (2012) sugeriram um *framework* para facilitar a interoperabilidade, aplicando-o em uma cadeia de fornecimento de alimentos. Jardim-Goncalves et al. (2013) propuseram um *framework* com o objetivo de acelerar a integração das empresas em ambientes de trabalho colaborativos, buscando solucionar problemas de interoperabilidade na cadeia de suprimentos de mobiliário.

Em relação às tecnologias emergentes, Kumar (2014) e Quetti, Pigni e Clerici (2012) evidenciaram em suas pesquisas os benefícios da RFID que se trata de um método de rastreabilidade de produto, aquisição e armazenamento de dados. Zhang et al. (2015), adicionalmente, comentam sobre a comunicação 5G, vista como a solução para as demandas por qualidade e agilidade de redes ferroviárias de alta velocidade. Também, Afzal et al. (2015) buscaram solucionar um problema de tecnologia de comunicação da população rural através do desenvolvimento de uma ferramenta móvel digital.

Quanto à otimização de processos de manufatura, Lin et al. (2012) desenvolveram um sistema global de apoio à decisão que permite a tomada de decisões otimizada através de interações entre os sistemas de produção autônomos e a adoção de um modelo genérico de tomada de decisão colaborativa. Por fim, Moghaddam e Nof (2015) acrescentam que o principal desafio na concepção e desenvolvimento de manufaturas eletrônicas e outros sistemas

relacionados (*e-commerce*, *e-business*) é alcançar um nível de colaboração entre as pessoas, máquinas, robôs e *softwares*.

Por fim, o processo de sistematização de motivadores, abordagens, domínios de pesquisa, países que mais publicaram sobre redes colaborativas, possibilitou também a identificação dos principais desafios sinalizados pelos pesquisadores da área, tais como:

- O desenvolvimento de confiança entre os parceiros da rede colaborativa (BECKETT; JONES, 2012; NORAN, 2013; ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016; DAUDI; HAUGE; THOBEN, 2016; CARNEIRO et al., 2013; VARGAS et al., 2016; MACKE et al., 2013; DIAS; ESCOVAL, 2012; CHEIKHROUHOU; POULY; MADINABEITIA, 2013; LI; DU, 2015; GUAN; ZHANG; YAN, 2015; TATICCHI et al., 2012; HUANG et al., 2016);
- A interoperabilidade dos sistemas de informação dos parceiros envolvidos nas redes colaborativas (BENABEN et al., 2013; NORAN, 2013; NORAN, 2012; ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016; MICHAELIDES et al., 2013; VARGAS et al., 2016; LAI; TAM; CHAN, 2012; CORELLA; ROSALE; SIMARRO, 2012; JARDIM-GONCALVES et al., 2013; GALASSO et al., 2016; CARNEIRO et al., 2013; NORAN, 2014; DURUGBO; RIEDEL, 2013; GRILO et al., 2013; MOGHADDAM; NOF, 2015);
- A etapa de selecionar os parceiros colaborativos (CARNEIRO et al., 2013; PENG; MENG, 2016; ZHANG et al., 2012; DAUDI; HAUGE; THOBEN, 2016);
- O alinhamento e definição clara de estratégias e objetivos entre os parceiros da rede (CARNEIRO et al., 2013; ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016; CHEIKHROUHOU; POULY; MADINABEITIA, 2013);
- A garantia da segurança dos dados e informações compartilhados pela internet ou outro sistema informacional (SONCHACK; AVIV; SMITH, 2015; ANDRES; SANCHIS; POLER, 2016; KUMAR, 2014; VARGAS et al., 2016; CHEN et al., 2013).

A Figura 3 apresenta um *framework* conceitual que contempla os desafios e oportunidades identificados nessa revisão com o objetivo de organizar e facilitar a compreensão da relação desses dois assuntos.

Figura 3 – *Framework* conceitual de redes colaborativas e Empresas S³

3.5. CONSIDERAÇÕES DA REVISÃO

As constantes e atuais mudanças incorridas na sociedade fizeram necessário o investimento em novas tecnologias e ferramentas, reforçando o desenvolvimento de um novo paradigma empresarial para apoiar os modelos de negócios. A revisão sistemática acerca de redes colaborativas foi realizada por se tratar de um assunto consolidado na literatura e que vai ao encontro de lacunas de pesquisa identificadas no trabalho de Weichhart et al. (2016).

Considerando que as redes colaborativas são fundamentais para a melhoria do desempenho operacional, financeiro e organizacional das organizações modernas, essa revisão identificou os principais motivadores, abordagens de pesquisa, domínios de aplicação de pesquisa mais frequentes e relação de países que mais publicaram, fornecendo um *framework* conceitual com os principais desafios e oportunidades de redes colaborativas e Empresas S³.

Os motivadores identificados representaram as razões pelas quais as empresas buscam a colaboração e, conseqüentemente, os benefícios almejados estão associados implicitamente. Vale ressaltar que os mesmos estão subentendidos no *framework* proposto, já que foram

essenciais para o entendimento dos desafios e oportunidades das áreas em estudo. As abordagens de pesquisa mais comuns, os domínios de aplicação, bem como a relação de países que mais publicaram sobre o tema, foram complementos que buscaram reforçar a ideia de que as redes colaborativas são estratégias abrangentes e eficazes para abordar os aspectos da era digital.

No entanto, embora as redes colaborativas apresentem inúmeras vantagens competitivas, também possuem limitações internas como a disponibilidade de recursos (físicos, humanos, organizacionais e financeiros) e a capacidade de coordená-los integradamente; limitações externas expressas por fatores institucionais regidos por regras e condutas no ambiente operacional da rede; e desafios associados como o desenvolvimento de confiança entre os parceiros, a interoperabilidade dos sistemas de informação, a seleção de parceiros colaborativos, o alinhamento e definição clara de estratégias e objetivos entre todos os envolvidos, a garantia da segurança dos dados e informações compartilhados pela internet ou outro sistema informacional.

A contribuição deste capítulo está na identificação, além de desafios supramencionados, de oportunidades existentes na interseção de redes colaborativas e Empresas S³, tais como: a necessidade de desenvolver novos modelos de negócios, ou seja, romper positivamente os modelos tradicionais; a fomentação de um ecossistema digital; o desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias emergentes; a otimização de processos de manufatura; a exploração dos aspectos trazidos pela IoE; a utilização da computação em nuvem; o desenvolvimento de sistemas interoperáveis; a elaboração de ontologias, arquiteturas, modelos, *frameworks* que apoiem o desenvolvimento das disciplinas em questão; e o desenvolvimento sustentável nos aspectos econômicos, sociais e ambientais dos negócios.

4. MODELAGEM DE EMPRESAS S³

Conforme previamente abordado, existem diversos desafios associados às Empresas S³ e redes colaborativas. Weichhart et al. (2016) sugerem a modelagem de empresas como um mecanismo capaz de auxiliar as empresas a enfrentarem os desafios impostos pela atual economia digital. Sendo assim, buscou-se nesse capítulo sistematizar os principais aspectos das Empresas S³ a partir da revisão bibliográfica, utilizando os modelos propostos pela metodologia 4EM, para posteriormente instanciá-los em um caso real.

A revisão da literatura contribuiu para o desenvolvimento dos modelos apresentados na sequência. Por exemplo, Ferro-Beca et al. (2015) propuseram um *framework* com a finalidade de ajudar na obtenção, filtragem e processamento de dados relevantes a partir de uma variedade de fontes e na execução do processamento e raciocínio necessário para realizar uma análise de contexto apropriada. Para tanto, dissertaram sobre o conceito *sensing enterprise*. Chardine-Baumann e Botta-Genoulaz (2014) desenvolveram um *framework* para avaliar o desempenho sustentável das práticas de gestão da cadeia de suprimentos, englobando os aspectos econômicos, ambientais e sociais, fornecendo definições do conceito *sustainable enterprise*.

Nesse contexto, devido à incipiência da abordagem Empresas S³, primeiramente buscou sua contextualização em meio às disciplinas consolidadas, visando facilitar e agilizar a compreensão dos interessados e fomentar futuras pesquisas.

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DAS EMPRESAS S³

As Empresas S³ (Conceito 1) que contemplam os sistemas sensível (Conceito 1.1), inteligente (Conceito 1.2) e sustentável (Conceito 1.3) são apoiadas pela próxima geração de sistemas de informação (Conceito 6) e carecem de uma Modelagem de Empresas (Conceito 3) que especificamente explorem o conceito e conduzam sua implementação nas empresas, bem como de incorporação do princípio colaborativo (Princípio 1). Nesse sentido, com base nos benefícios já mencionados da metodologia de modelagem 4EM (Conceito 2), a mesma se configura como um mecanismo eficiente para explorar todos os aspectos do paradigma de Empresas S³ (ver Figura 4).

A Figura 4 mostra que a Modelagem de Empresas (*Enterprise Modeling – EM*) – Conceito 3 apoia a Engenharia de Empresa (*Enterprise Engineering - EE*) – Conceito 4 e a Integração de Empresas (*Enterprise Integration - EI*) – Conceito 4.1. A EM apoia a disciplina

EE no sentido de fornecer métodos e técnicas para um desenvolvimento alinhado de todas as partes de uma empresa, por exemplo, aspectos de negócios, funcionais, organizacionais e técnicos (SANDKUHL et al., 2014). Já a EI é vista pela EM como um conjunto de conceitos e abordagens, por exemplo, a definição de uma arquitetura global do sistema, a coerência entre os objetivos individuais e coletivos, o entendimento dos modelos de fluxos de processos além de funções, a alocação dinâmica de recursos, bem como a consistência dos dados (VERNADAT, 2002).

A Engenharia de Empresa (EE) é uma disciplina emergente que tem como objetivo abordar diferentes fenômenos na evolução de uma empresa (DE VRIES, 2016). A EE é aplicada na realização de quaisquer esforços para estabelecer, modificar ou organizar uma empresa (ISO 15704:2000). Segundo Vernadat (2002) e He et al. (2012), essa disciplina organiza o conhecimento, identificando as necessidades de mudanças nas empresas e conduzindo-as de forma profissional. Complementarmente, Sandkuhl et al. (2014) comenta que a EE combina conceitos da ciência da gestão e organização, ciência dos sistemas de informação e ciência da computação para alcançar seus objetivos. Apoiada pela EM, a EE deve adquirir todas as informações necessárias para projetar e redesenhar a si mesma, criando e mantendo um fluxo de informações e materiais integrados (BERNUS et al., 2016)

A EI é o processo responsável por assegurar a interação entre as entidades empresariais necessária para atingir os objetivos da organização (ISO 19439:2006). A EI é um componente essencial da EE que trata do conjunto de métodos, modelos e ferramentas que se pode usar para analisar, projetar e manter uma empresa de modo integrado (PANETTO; MOLINA, 2008). A EI consiste em quebrar as barreiras organizacionais para aumentar a sinergia dentro da empresa, provendo os meios para gerenciar, coordenar e integrar os processos de negócios para que os objetivos sejam alcançados de uma forma mais produtiva e eficiente (NOF et al., 2006; VERNADAT, 2002; VALLEJO; ROMERO; MOLINA, 2012; ISO 19439:2006), isto é, busca melhorar os 3C's (comunicação, cooperação e colaboração) dentro da empresa (ROMERO; VERNADAT, 2016a).

Para Vernadat (2002), a EI se preocupa com a gestão, integração e coordenação eficientes dos processos de negócios, aumento da flexibilidade em toda a empresa, gestão do ciclo de vida do produto/serviço e interoperabilidade das soluções de Tecnologia de Informação (TI), sistemas e pessoas para enfrentar a variabilidade do ambiente de modo rentável.

Na mesma linha de raciocínio, segundo Bernus et al. (2016) e Boza et al. (2015) a EI necessita estabelecer um sistema de informação que garanta que a informação esteja disponível no lugar certo, na hora, quantidade e qualidade certas, para que a empresa como um sistema

possa desempenhar suas funções. A etapa de implementação de tecnologia do sistema de informação da empresa pode ser chamada de *Enterprise Information System* (EIS) – Conceito 5. O termo normalmente se refere aos sistemas integrados que apoiam toda a empresa e incluem módulos de *Enterprise Resource Planning* (ERP), apoio à tomada de decisões (*data mining*), banco de dados integrados, integração de processos de negócios, gerenciamento da cadeia de suprimento e gestão do relacionamento com o cliente. De modo geral, os EIS são definidos como todos os sistemas de informação compostos por pessoas, tecnologias e dados que apoiam as funções integradas de uma empresa (LAPALME et al., 2016).

Para Agostinho, Ferreira e Jardim-Goncalves (2015) e Romero e Vernadat (2016b), os EISs são sistemas compostos por pessoas, tecnologias, regras e procedimentos que processam e interpretam dados operacionais, informações e conhecimento para apoiar as atividades da empresa. Tais sistemas não podem ser confundidos com os sistemas de tecnologia de informação. Assim, os diversos *softwares* de um EIS (Conceito 5.1) devem garantir a interoperabilidade entre as diversas áreas funcionais da empresa, bem como a integração da cadeia de suprimento.

El Kadiri et al. (2016) discutem quatro grandes desafios dos EIS: (1) gerenciamento de cadeia de valores de dados, que se refere à análise de dados e informações, mineração de dados, integração, compartilhamento e segurança; (2) consciência do contexto, que se trata de capacidade para lidar com o ambiente de negócios complexo; (3) usabilidade, interação e visualização, que diz respeito às maneiras novas e intuitivas de interagir com o EIS; e (4) aprendizagem humana e educação contínua, que se refere ao desenvolvimento de competências profissionais desencadeadas por novos avanços científicos e tecnológicos.

Os sistemas de informação da empresa, as tecnologias inteligentes e o sistema sustentável (*sustainable*) requerem o princípio de interoperabilidade e estão indiretamente associados ao princípio de colaboração. É importante ressaltar que todos os princípios das Empresas S³ (resiliência, colaboração, transparência, interoperabilidade, compartilhamento, agilidade, empoderamento, auto-organização, inovação) que serão apresentados posteriormente, estão associados direta ou indiretamente aos conceitos apontados na Figura 4, entretanto, apenas o princípio de colaboração e interoperabilidade estão presentes na figura com o intuito de simplificar e facilitar a compreensão visual para que o objetivo desse tópico, que é a contextualização das Empresas S³ em disciplinas já consolidadas, seja alcançado.

Em relação à sustentabilidade do sistema, a demanda do mercado e a disponibilidade de novos sistemas exigem que as organizações se adaptem rapidamente. Essa adaptação envolve complexidade, processos, modelos e mudanças semânticas, dados e aplicações heterogêneos,

resultando na perda de estabilidade do ambiente interoperável empresarial. Esses fatos introduzem o novo conceito de “interoperabilidade sustentável”. A interoperabilidade sustentável é uma nova dimensão de pesquisa sobre a interoperabilidade dos sistemas corporativos que busca estratégias inovadoras, métodos e ferramentas para manter e sustentar a interoperabilidade dos sistemas de empresas em ambientes de redes dinâmicas (PANETTO; JARDIM-GONCALVES; MOLINA, 2012).

O princípio de interoperabilidade está associado aos sistemas de informação, à modelagem de empresas e ao sistema *sustainable* (Conceito 1.3). Segundo Weichhart et al. (2016), os sistemas que possuem partes independentes e interoperáveis permitem mais resiliência e, conseqüentemente, apoia o sistema sustentável das Empresas S³. Dessa forma, esse princípio também está indiretamente conectado aos sistemas sensíveis (*sensing*) (Conceito 1.1) e inteligentes (*smart*) (Conceito 1.2), já que diversas tecnologias inteligentes são utilizadas para antecipar um evento.

Por exemplo, no âmbito da *Internet of Things*/IoT (Conceito 7), quando sensores são colocados ao longo de uma loja de varejo onde a refrigeração é necessária, os alertas podem ser enviados para o dispositivo móvel do gerente da loja sempre que detectar mau funcionamento de determinado refrigerador. Assim, ao verificar o *status* dos funcionários disponíveis, o gerente atribui tarefas através de seus dispositivos móveis habilitados para IoT, solucionando o problema (LEE; LEE, 2015). Indiretamente, o Conceito 5.1 se conecta às *smart things* (Conceito 9) no sentido que “coisas inteligentes” incluem *hardware* e *software*. As *smart things* (Conceito 9) são capazes de interagir diretamente com outros dispositivos inteligentes, trocando dados ou informações entre eles (KHAN et al., 2017). Tais dispositivos apoiam a IoT (Conceito 7) e devem ser projetados considerando além de sistemas técnicos, aspectos sociais (KORTUEM et al., 2010).

Cinco tecnologias da IoT são amplamente utilizadas para o sucesso da implementação de produtos e serviços: RFID, que permite a identificação e captura de dados automáticas por meio de ondas de rádio, etiquetas e leitores; WSN que consistem em dispositivos equipados com sensores autônomos distribuídos espacialmente para monitorar as condições físicas ou ambientais e, também, podem colaborar com os sistemas RFID para melhorar o acompanhamento da localização, temperatura e movimentos, por exemplo; *middleware* é um programa de computador que faz a mediação entre *software* e demais aplicações, utilizado para transportar dados e informações entre programas de diferentes protocolos de comunicação, plataformas e dependências do sistema operacional; computação em nuvem (*cloud computing*) que se trata da utilização da memória e das capacidades de armazenamento e cálculo de

computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da internet; *softwares* para IoT que facilitam o desenvolvimento de inúmeras aplicações orientadas para a indústria e para usuários específicos (LEE; LEE, 2015). A IoT é a conexão, através da internet, de objetos do mundo físico que estão equipados com sensores, atuadores e tecnologia de comunicação (DIJKMAN et al., 2015)

A indústria automobilística, por exemplo, utiliza “coisas inteligentes” (Conceito 9) para monitorar e relatar desde a pressão dos pneus até a proximidade de outros veículos. A tecnologia RFID é utilizada para agilizar a produção de veículos, melhorar a logística, aumentar o controle de qualidade e aprimorar o serviço ao cliente. Os dispositivos contêm informações relacionadas ao nome do fabricante, quando e onde o produto foi desenvolvido, número de série, tipo, código do produto e, em algumas aplicações, a localização precisa da unidade naquele momento. Complementarmente, a tecnologia RFID fornece dados em tempo real no processo de fabricação, operações de manutenção e uma nova forma de gerenciar *recalls* de forma mais eficaz (SUNDMAEKER et al., 2010).

Nesse contexto, Lee e Lee (2015) mencionam alguns desafios em relação ao desenvolvimento da IoT nas empresas, tais como o gerenciamento de grande quantidade de dados gerados por tecnologias, mineração dos dados (*data mining*), privacidade, segurança e caos. Díaz, Martín e Rubio (2016), por sua vez, destacam como desafio a interoperabilidade que se torna um aspecto fundamental devido ao grande número de dispositivos e tecnologias que possuem compatibilidade restrita. Segundo os autores, a pesquisa nessa área pode desenvolver padronizações que permitam a criação de cenários inteligentes com dispositivos heterogêneos, reduzindo a preocupação com a interoperabilidade.

O conceito “*sensorconomy*” (Conceito 8) retrata as empresas como conectadas por diferentes tipos de sensores inteligentes e dispositivos móveis em suas redes para obterem dados em tempo real, fornecendo aplicativos com informações e conhecimentos de diversos contextos (por exemplo, redes sociais, informações de fábrica, comportamento do consumidor, mobilização de recursos e cadeia de suprimentos) para a tomada de decisões certas nas operações industriais. A empresa sensível combina os conceitos de sensores com tecnologias móveis e inteligência distribuída para desempenhar análises e tomadas de decisões nos mundos digital e real. Esse conceito é o pilar para novos cenários da IoT (WEICHHART et al., 2016).

A Figura 4 apresenta os principais conceitos e abordagens associados às Empresas S³ através do modelo de conceitos compreendido na metodologia de modelagem 4EM.

Figura 4 – Contextualização da Empresa S^3

4.2. MODELO DE CONCEITOS, OBJETIVOS E REGRAS DE NEGÓCIOS

Para sistematizar os conceitos, princípios norteadores, objetivos e regras de negócios associados às Empresas S³, foram desenvolvidos os modelos de conceito (Figura 5) e os modelos de objetivos e regras de negócios (Figura 6). A utilização de modelos compreendidos na metodologia 4EM torna visual e organizado os assuntos tratados na pesquisa, facilitando o entendimento dos leitores.

A instanciação em um caso real contribui com o desenvolvimento de tais modelos, já que na prática é possível verificar os principais processos, agentes responsáveis e os sistemas de informação de apoio da empresa participante.

Conforme previamente explicado, o Modelo de Conceitos é utilizado para definir eventos, fenômenos, conceitos e aplicações a nível conceitual. O Modelo de objetivos descreve a visão da estratégia do negócio, focando nas metas e nos problemas que precisam ser resolvidos para atingir tais metas. O Modelo de regras de negócios é usado para determinar as regras que controlam a organização no sentido de definir e restringir quais ações podem ser executadas no negócio para atingir as metas (SANDKUHL et al., 2014).

Pádua, Cazarini e Inamasu (2004) explanam que a interface entre o Modelo de Objetivos e o Modelo de Regras de Negócios descreve a maneira como os componentes distintos do Modelo de Objetivos são implementados em termos de regras. Vale ressaltar que toda regra deve estar associada a algum objetivo, ou seja, regras que não possuem objetivos associados não têm motivos para existirem, assim como objetivos que não possuem regras dificilmente serão alcançados.

Nesse contexto, as Empresas S³ (Conceito 1) contemplam os três sistemas: *sensing* (Conceito 1.1), *smart* (Conceito 1.2) e *sustainable* (Conceito 1.3). Seguindo os formalismos definidos pela 4EM, o conector preenchido que une os conceitos mencionados simboliza uma agregação total, ou seja, os três sistemas em conjunto formam as Empresas S³. Ainda, a Empresa S³ (Conceito 1) busca ser uma Empresa Digital (Conceito 3) para enfrentar os desafios da mesma.

O uso de serviços inteligentes e agentes na nuvem tem se tornado um fator crítico para a próxima geração de sistemas de informação (Conceito 2). Os futuros sistemas de empresas devem ter acesso aos dados interconectados que são dinamicamente escaláveis (WEICHHART et al., 2016) e servirão de apoio às Empresas S³.

Nesse contexto, o sistema *sensing* (Conceito 1.1) é apoiado pelos conceitos *sensorconomy* (Conceito 1.1.1) que se trata da empresa conectada por diferentes sensores

inteligentes e dispositivos móveis que capturam informações multidimensionais e pelas *smart things* (Conceito 1.2.1) que são as tecnologias inteligentes (também relacionadas ao sistema *smart*, conforma exposto na Figura 5).

Os princípios norteadores das Empresas S³ são: colaboração (Princípio 1), interoperabilidade (Princípio 2), transparência (Princípio 3), compartilhamento (Princípio 4), empoderamento (Princípio 5), auto-organização (Princípio 6), agilidade (Princípio 7), resiliência (Princípio 8) e inovação (Princípio 9). Esses nove princípios são considerados imprescindíveis para o alcance dos objetivos das Empresas S³. Os mesmos fundamentam a aplicação dos sistemas *sensing*, *smart* e *sustainable* e estão descritos na sequência.

O Princípio 1 está relacionado ao trabalho em equipe que pressupõe vantagens competitivas, benefícios e competências. A colaboração entre empresas tem sido uma abordagem bastante estudada nos últimos tempos, já que os papéis dos participantes colaborativos têm mudado como, por exemplo, fornecedores tem se tornado parceiros (*stakeholders* confiáveis) (KOSANKE; VERNADAT; ZELM, 2014). Vale ressaltar que tal princípio tem se estendido aos níveis operacionais (CAMARINHA-MATOS et al., 2009).

O Princípio 2 pode ser compreendido como a habilidade de dois sistemas se entenderem e trocarem funcionalidades, ou seja, um sistema pode desempenhar uma operação para outro sistema. No ponto de vista de redes de empresas, a interoperabilidade se refere à interação (troca de informações e serviços) entre os sistemas de informação das empresas (CHEN; DOUMEINGTS; VERNADAT, 2008; DUCQ; CHEN; VALLESPER, 2004). Para Tu, Zacharewicz e Chen (2016), refere-se à interação de tecnologias, semânticas, métodos de trabalho e organização heterogêneos.

Complementarmente, Nof et al. (2006) comentam que a interoperabilidade lida com modelos de referência, tanto para integração vertical (sincrônica) quanto para integração horizontal (diacrônica). Além disso, também se relaciona com tecnologias de computação ubíqua para permitir a identificação e as propriedades do produto único. Figay et al. (2012) acrescentam que a interoperabilidade deve ser gerenciada pelos atores envolvidos e *stakeholders* durante todo o ciclo de vida da colaboração.

O Princípio 3 visa garantir o acesso à informação aberta e o processamento baseado em nuvem (WEICHHART et al., 2016). Para Villanueva (2011), a transparência se refere à posição que as organizações públicas ou privadas assumem no sentido de trabalharem conforme padrões éticos, de modo que os critérios seguidos, quando se toma uma decisão, possam ser claros às pessoas que possuam o direito de conhecê-los.

A transparência pode ser observada quando um consumidor entende o tipo de informação compartilhada, para quem foi destinada, quanto tempo durou e qual a finalidade (MOON, 2017). McCarthy e Fluck (2017) dissertam que, no âmbito político, a transparência pode ser objeto de divulgação, diálogo ou informação, dependendo das intenções dos atores políticos. No entanto, implícita ou explicitamente, a transparência refere-se de modo geral à compreensão de informações.

O Princípio 4 é considerado um princípio que estimula a inovação e os processos de colaboração (WEICHHART et al., 2016). Chen, Lin e Yen (2014) explanam que na atual era da economia em rede, o compartilhamento de conhecimento interorganizacional é fundamental para agilizar as atividades da cadeia de valor e maximizar os benefícios operacionais, podendo ser realizado quando os parceiros de negócios envolvidos desenvolverem com sucesso a confiança e promoverem parcerias de longo prazo.

Estrada, Faems e Faria (2016) reforçam a importância do compartilhamento através do estudo sobre a relação entre a colaboração do concorrente e o desempenho de inovação, onde concluíram que a colaboração tem um impacto significativamente positivo sobre o desempenho de inovação do produto apenas quando há mecanismos internos de compartilhamento e proteção formal do conhecimento.

O Princípio 5 se refere à influência e controle dos indivíduos e comunidades sobre as decisões que os afetam. De modo geral, é o processo pelo qual as pessoas se encarregam de seus ambientes (físicos, econômicos, sociais, culturais e psicológicos) com os recursos disponíveis (FETTERMAN; WANDERSMAN, 2005). Segundo Eaidgah et al. (2016), os funcionários detêm o conhecimento completo sobre o processo que lhes são designados. Desse modo, a participação efetiva dos mesmos aumenta a eficácia e eficiência dos processos de tomada de decisão.

Marin-Garcia e Bonavia (2015) pesquisaram os efeitos do envolvimento dos trabalhadores na manufatura enxuta em diferentes setores industriais e concluíram que a elevação dos níveis de empoderamento dos funcionários beneficia o desdobramento da manufatura enxuta.

O Princípio 6 pode ser exemplificado em sistemas que são geralmente compostos por vários componentes autônomos que são capazes de auto-organizar seus padrões de atividades para um objetivo específico (MACÍAS-ESCRIVÁ et al., 2013). Tais sistemas são preparados para suportar turbulências e fazer a adequada adaptação estrutural em resposta às situações inesperadas, onde a estrutura pode ser espacial, temporal ou funcional (ABOLHASANZADE; JALILI, 2016).

A auto-organização garante padrões a numerosas interações entre componentes do sistema, superando amplos intervalos de mudanças e erros que, no âmbito industrial, significam questões econômicas como sanções e crises (AZADEH; SALMANZADEH-MEYDANI; MOTEVALI-HAGHIGHI, 2017).

O Princípio 7 é um conceito temporal, associado ao tempo de resposta e ao ciclo de identificação da oportunidade, configuração, operação/reconfiguração e dissolução (GORANSON, 1992). Tal princípio tornou-se uma qualidade essencial da empresa moderna (HINKELMANN et al., 2016) e está relacionado à capacidade de responder e gerir a mudança inesperada (BERNUS et al., 2016) ou não (LAU et al., 2003; JIANG; FUNG, 2003). Trzcielinski (2015), por sua vez, comenta que a empresa ágil é capaz de criar e aproveitar as oportunidades advindas das constantes mudanças do mercado competitivo. Para identificar e utilizar tais oportunidades, a empresa tem que ser capaz de perceber os eventos que circundam e combiná-los com as circunstâncias reconhecidas pelas empresas como situações favoráveis.

Soltan e Mostafa (2015) desenvolveram um *framework* para empresas de manufatura relacionado ao desempenho enxuto e ágil. Nesse contexto, em torno do conceito de agilidade, expuseram a necessidade de correlacionar alguns fatores, como: integração da informação (através de TICs entre os parceiros da cadeia de suprimentos), a colaboração (compartilhamento de conhecimento no desenvolvimento de produtos, qualidade, soluções realizadas), a integração dos processos (desenvolvimento de redes colaborativas para formação rápida de parcerias, relações estratégicas, aumento de confiança entre os parceiros), a sensibilidade de mercado (rapidez, flexibilidade e confiabilidade) e a remoção de resíduos (eliminar atividades que não agregam valor para potencializar o nível de agilidade).

Graça e Camarinha-Matos (2017) associam o princípio de colaboração com os princípios de agilidade e resiliência, ou seja, a dinamicidade e competitividade do mercado motivam as empresas a se engajarem em processos colaborativos como forma de ganhar agilidade e resiliência.

O Princípio 8 está associado à capacidade de um sistema se adaptar às condições dinâmicas, preparar-se para suportá-las e rapidamente se recuperar de uma interrupção (JACKSON; FERRIS, 2013; BURNARD; BHAMRA, 2011; LENGNICK-HALL; BECK; LENGNICK-HALL, 2011). Assim, Jackson e Ferris (2013) listam quatro atributos da resiliência: capacidade (habilidade de um sistema de sobreviver a uma ameaça); flexibilidade (habilidade de um sistema de se adaptar à ameaça); tolerância (capacidade do sistema de degradação normalmente em face de uma ameaça); coesão (habilidade do sistema de agir como um todo unificado diante de uma ameaça).

Para Kibira, Morris e Kumaraguru (2016), a agilidade é essencial para alcançar a resiliência, desse modo, mencionam soluções que tornam os sistemas de fabricação mais ágeis, tais como as organizações modulares, sistemas flexíveis de fabricação, manufatura enxuta, sistemas de fabricação holônica e corporações virtuais.

Størseth, Tinmannsvik e Øien (2010) indicam aspectos para o desenvolvimento de uma organização resiliente, tais como: preparar-se para iniciativas bem-sucedidas; avaliar o impacto das operações integradas nas características de resiliência; garantir a conscientização sobre o trabalho em andamento em todos os níveis; e compartilhar riscos e metas.

O Princípio 9, de modo geral, associa-se ao aproveitamento bem-sucedido de novas ideias em termos de produtos, processos, serviços e práticas de negócios (CHRISTOPHERSON; KITSON, 2008). Diante dos desafios impostos pelo atual paradigma tecnológico, Botelho, Carrijo e Kamasaki (2007) apontam que a capacidade de inovar é primordial para o aumento da competitividade empresarial, sendo que a formação de parcerias e alianças colaborativas entre o setor produtivo, universidades e centros de pesquisa pode representar um grande diferencial para construção de vantagens em termos de diferenciação de produtos e processos para redução de custos operacionais.

No âmbito acadêmico, a inovação tecnológica reflete na natureza do ensino e avaliação dos estudantes, além de demandar novas habilidades e competências do professor. A inovação e o avanço da tecnologia inseridos em práticas de ensino beneficiam a inteligência, o talento e o espírito competitivo dos alunos (BHAAT; KIM, 2017).

Por fim, a Figura 5 apresenta o modelo de conceitos das Empresas S³.

Figura 5 – Modelo de conceitos da Empresa S³

Em relação aos objetivos e regras de negócios, o principal objetivo das Empresas S³ é estimular a aplicação dos sistemas S³ (Objetivo 1), sendo diretamente apoiado pela vontade de se tornar uma empresa digital (Objetivo 2). Um ambiente de trabalho digital utiliza as tecnologias em prol da comunicação, colaboração e conexão, permitindo que a organização mitigue os riscos do negócio, adote a conformidade regulamentar (*compliance*) e obtenha melhorias no valor comercial (DELOITTE, 2014).

Também, como apoio ao Objetivo 1, os sistemas S³ buscam tornar-se sustentáveis em termos econômicos, ambientais, sociais e éticos (Objetivo 1.1). Tal sustentabilidade está associada ao objetivo de desenvolver a habilidade de compartilhar informações/conhecimentos de modo dinâmico e proveitoso (Objetivo 1.1.1) (WEICHHART et al., 2016).

As capacidades digitais fornecem visibilidade remota de recursos humanos, materiais ou virtuais e têm se expandido exponencialmente com objetos e equipamentos munidos de sensores e recursos de comunicação que os tornam inteligentes (CARTON; BREZILLON; FELLER, 2016).

Associadas ao objetivo principal desse modelo, algumas ameaças ao ambiente de negócio valem ser ressaltadas: barreiras conceituais (Ameaça 1), organizacionais (Ameaça 2) e tecnológicas (Ameaça 3) (CHEN, 2009). Em relação às barreiras tecnológicas, a Confederação Nacional das Indústrias (2016) divulgou uma pesquisa onde apontou como dificuldades em adotarem tecnologias digitais o alto custo de implantação, a falta de clareza na definição do retorno sobre o investimento, a estrutura e cultura da empresa (Ameaça 2), a dificuldade para integrar novas tecnologias e *softwares*, a infraestrutura de TI inapropriada, o risco para segurança da informação, a falta de trabalhador qualificado, a infraestrutura de telecomunicações do país insuficiente, a dificuldade para identificar tecnologias e parceiros, a ausência de linhas de financiamento apropriadas, a falta de preparo do mercado (clientes e fornecedores), a falta de normalização técnica e a regulação inadequada.

A integração das tecnologias existentes tende a ultrapassar as barreiras de comunicação, proporcionando uma transformação positiva na eficiência, inovação, comunicação e crescimento da empresa. A efetiva mudança cultural dependa da implementação apropriada da estratégia digital no ambiente de trabalho (DELOITTE, 2014).

Nesse contexto, algumas regras são necessárias para garantir que os objetivos elencados sejam efetivamente alcançados. Nota-se que algumas regras são também os desafios como, por exemplo, o investimento em tecnologias emergentes (Regra 1).

A fim de se tornar uma empresa digital e alcançar a habilidade de compartilhar informações/conhecimentos, a empresa deve investir em tecnologias emergentes (*cloud*

computing, sensores, *cyber physical systems*, entre outros) (Regra 1), deve incentivar um rompimento positivos dos modelos de negócios arcaicos e tradicionais (Regra 2), na cadeia de valor de processos (Regra 3), nos modelos de operações e indicadores chave de desempenho (Regra 4), bem como no uso estratégico das TICs (Regra 5) (WEICHHART et al., 2016).

As últimas décadas tem apresentado pequenas mudanças nos modelos de negócios em termos de processos. A digitalização atual, que inclui a manufatura inteligente, requer o desenvolvimento de novos modelos de negócios visando a eficiência e sustentabilidade, ou seja, modelos de contratos de longo prazo, comuns aos produtos químicos, devem ser revisados (BOGLE, 2017).

Nesse contexto, Rayna e Striukova (2016) pesquisaram o efeito da impressão 3D na inovação de modelos de negócios, buscando evidenciar os diferentes níveis de envolvimento dessa tecnologia nos processos produtivos, bem como a intensa mudança que a tecnologia promove em termos de inovação de modelos de negócios, seja radical ou incremental.

Em consonância com os investimentos em tecnologias requeridos pelo avanço das tecnologias digitais, Wu, Terpenny e Schaefer (2017) estudaram e sistematizaram as principais características e benefícios de *softwares* e serviços baseados na nuvem disponíveis para realizar projetos de engenharia, análises, fabricação em todas as fases do ciclo de vida do desenvolvimento de produtos.

Por fim, com o objetivo de se tornarem sustentáveis, as Empresas S³ devem desenvolver e/ou adquirir sistemas inteligentes (Regra 6) que, por sua vez, devem desenvolver e/ou adquirir sistemas sensíveis (Regra 6.1) (WEICHHART et al., 2016). Na sequência, a Figura 5 apresenta o modelo de objetivos e regras de negócios das Empresas S³.

Figura 6 – Modelo de objetivos e regras de negócios da Empresa S³

4.3. INSTANCIACÃO DOS MODELOS EM UM CASO REAL

O referencial teórico elaborado sobre os conceitos associados às Empresas S³ (*sensing, smart and sustainable enterprise*), bem como a revisão sistemática sobre redes colaborativas basearam o desenvolvimento de modelos de empresas.

A metodologia 4EM proposta integra todas as variáveis que possibilitam a gestão efetiva do conhecimento em uma organização por meio do equilíbrio entre as principais dimensões organizacionais. Essa integração aborda dois aspectos fundamentais: desenvolvimento de modelos e suas aplicações em um caso real.

Os modelos propostos incluem a caracterização dos objetivos, regras de negócios, processos de negócios, conceitos, atores e recursos, componentes e requisitos técnicos, considerados dimensões suficientes para a difusão e consolidação do conhecimento acerca de uma determinada abordagem. Esses modelos buscam responder às questões de pesquisa: Como as empresas tradicionais podem se transformar em Empresas S³? Qual a importância do princípio de colaboração nessa transformação?

Os modelos de empresas desenvolvidos podem ser utilizados por empresas, empreendedores, consultores, pesquisadores que buscam a melhoria contínua dos negócios e consequentemente poder competitivo através da prospecção e adaptação de novos paradigmas.

Os modelos foram instanciados em uma empresa representativa do setor de máquinas e equipamentos, que teve sua origem em 1948, no interior de São Paulo. Ao longo dos anos, deu origem ao Grupo Jacto, reunindo diferentes unidades de negócios de setores vitais da economia. A cooperação com clientes, parceiros, colaboradores e comunidades foram pilares para as conquistas do Grupo.

Em maio de 2017, a empresa participou da Feira Internacional de Tecnologia Agrícola (Agrishow 2017), onde o presidente da unidade de negócio Jacto Agrícola, Fernando Gonçalves, explicou: “estamos falando de soluções tecnológicas para a agricultura em um ambiente de negócios cada vez mais permeado pelo digital. Estamos falando de Internet das Coisas (IoT), máquinas inteligentes, nuvem e mobilidade, que oferecem a oportunidade para as empresas apresentarem novas soluções para a agricultura. Esse futuro já começou e caminha para uma complexidade e cenário de oportunidades cada vez mais rico” (JACTO, 2017). Nesse contexto, os modelos desenvolvidos serão apresentados na sequência. Vale ressaltar que todos os modelos foram desenvolvidos a partir da experiência e conhecimento compartilhados do gerente de Tecnologia da Informação Corporativo.

4.3.1. MODELO DE OBJETIVOS

O modelo de objetivos descreve os objetivos e oportunidades da empresa juntamente com os problemas internos e ameaças internas associados à realização desses objetivos (SANKDUHL et al., 2014). A Figura 7 apresenta o modelo de objetivo instanciado no caso exemplo.

O objetivo “Tornar-se uma Empresa S³” (Objetivo 1) está relacionado à aderência da empresa na direção desse novo paradigma. Esse objetivo está atrelado à busca pela sustentabilidade econômica, social e ambiental (Objetivo 1.1), que por sua vez visa garantir o uso racional de recursos naturais (Objetivo 1.1.1), à garantia de excelência dos produtos, serviços e soluções oferecidos (Objetivo 1.2) e à colaboração que existe desde a origem da empresa (Objetivo 1.3). Tais objetivos estão em consonância com os objetivos previstos no modelo de objetivos e regras teórico exposto na Figura 6.

A sustentabilidade econômica, social e ambiental consiste em oferecer ao agricultor as melhores tecnologias de mecanização, informações e serviços, garantindo a excelência do negócio como um todo. A preocupação com a sustentabilidade social pode ser vista através de iniciativas como escola de educação infantil e fundamental, escola técnica agrícola, programa de menor aprendiz, programa voluntariado (“árvore da cidadania”) que conta com vários projetos (“um Jacto de amor”, “doação de amor”, “oficina de cerâmica”, “adote uma árvore”, entre outros), além da preocupação com a geração de empregos. A questão ambiental, por sua vez, manifesta-se através de iniciativas como a utilização de água de chuva no processo de refrigeração das máquinas, diminuindo assim, o consumo da água do poço, conquistas como a certificação Sistema de Gestão Ambiental na divisão de negócio Unipac, em 2001, entre outras estratégias.

A colaboração representa um objetivo da empresa, visto que um dos valores da empresa é “ninguém cresce sozinho”, ou seja, a harmonia entre os parceiros de negócios, fornecedores, empregados, *stakeholders* e empresas do grupo, fundamenta o desenvolvimento do negócio, ou seja, o poder competitivo (Oportunidade 1).

No entanto, além de aspectos motivadores, existem problemas relacionados ao ambiente externo (ameaças) e problemas em relação ao ambiente interno (fraquezas) que dificultam o alcance dos objetivos supramencionados. Por exemplo, o entrevistado pontuou como desafios a escassez de mão-de-obra qualificada (Ameaça 1) diante do rápido avanço das tecnologias, a infraestrutura de telecomunicação do país insuficiente (Ameaça 1), visto que a tecnologia de fibra ótica até pouco tempo não era acessível 100% na região de atuação da empresa, o

despreparo do mercado de modo geral (Ameaça 3) e o “custo brasil” (Ameaça 4), referindo-se às dificuldades estruturais, burocráticas e econômicas que encarecem o investimento no Brasil.

Em relação aos problemas internos, pontuou-se a compatibilidade de tecnologias com as soluções já existentes (Fraqueza 1), ou seja, o investimento em uma solução que está funcionando no momento não pode ser descartado quando uma nova tecnologia é desenvolvida. Faz-se necessário que essa tecnologia, um sensor por exemplo, seja compatível com o sistema já instalado, tornando-se viável economicamente e em termos de produtividade. A infraestrutura de TI (Fraqueza 2), e a falta de clareza no retorno do investimento (Fraqueza 3) também são problemas corriqueiros.

As ameaças supramencionadas foram previamente projetadas no modelo teórico apresentado na Figura 6. Por exemplo, o “custo brasil” e a “infraestrutura de telecomunicação do país insuficiente” se referem à barreiras tecnológicas, assim como o “despreparo do mercado” se trata de uma barreira conceitual e “escassez de mão de obra qualificada” a uma barreira organizacional.

Vale ressaltar o relacionamento entre os modelos desenvolvidos: os objetivos sistematizados dependem de regras para serem alcançados. As regras disparam processos que são realizados por atores, recursos, componentes e requisitos técnicos.

Figura 7 – Modelo de objetivos

4.3.2. MODELO DE REGRAS DE NEGÓCIOS

A ploriferação de *smartphones*, *tablets*, dispositivos móveis e redes de sensores demonstram a conectividade entre pessoas-pessoas, pessoas-máquinas e máquinas-máquinas. Todas essas tecnologias permitem a transformação de sistemas inteligentes através de dispositivos inteligentes, celulares inteligentes, tablets inteligentes, sensores inteligentes, entre outras. A evolução na TIC consiste em migrar para sistemas mais distribuídos com inteligência descentralizada (WEICHHART et al., 2016). A Figura 8 apresenta o Modelo de Regras de negócios instanciado no caso real.

Nesse modelo, buscou-se apontar as iniciativas realizadas pela empresa estudada que operacionalizam os objetivos, ou seja, explorou-se como se busca efetivamente transformar-se em uma Empresa S³.

A participação em eventos de tecnologia (Regra 1) como, por exemplo, a Feira Internacional de Tecnologias Agrícolas (Agrishow), a Feira Internacional de Máquinas-Ferramenta e Automação Industrial (EXPOMAFE), Feira da cafeicultura no Brasil (Expocafé), Fórum Nacional de Máxima Produtividade, entre outros, bem como a colaboração com pesquisas universitárias, é considerada um mecanismo que viabiliza a consolidação e disseminação de novos conhecimentos.

A prospecção de novas tecnologias (Regra 2) é uma atividade que acontece pelo departamento de TI e pelo centro de pesquisa e desenvolvimento da empresa. Após essa prospecção, analisa-se sua viabilidade em termos econômicos, produtivos e compatibilidade, para que possa ser feito um investimento (Regra 3). Tais regras foram consideradas como “investimento em tecnologias emergentes” no modelo teórico construído anteriormente (Figura 6).

Em relação ao Objetivo 1.1 e Objetivo 1.1.1, busca-se explorar continuamente novas oportunidades de negócios (Regra 9), ressaltando que os produtos da empresa já estão presentes em mais de 100 países e, atualmente, novas unidades de negócios estão sendo instaladas na Argentina e na Tailândia. Além disso, além de criar projetos sociais, mantê-los e atualizá-los (Regra 15) é a verdadeira essência da responsabilidade social. Os projetos são revistos continuamente e novas ideias são sempre bem quistas. Essas regras foram teoricamente consideradas como “rompimentos positivos dos modelos de negócios arcaicos e tradicionais, na cadeia de valor de processos, nos modelos de operações e indicadores chave de desempenho” (Figura 6).

O investimento em tecnologias emergentes (Regra 14) também é visto como um aspecto viabilizador da sustentabilidade econômica, social e ambiental, já que a empresa que não notar a evolução das tecnologias e acirrada competição dos mercados, não terá espaço no mercado de atuação. Como exemplos de tecnologias digitais que a empresa já possui, estão: automação digital com sensores para controle de processos; sistema integrado de Engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos; estudos sobre manufatura aditiva; simulações/análise de modelos virtuais; coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (*big data*), utilização de serviços em nuvem; incorporação de serviços digitais nos produtos (“Internet das Coisas” ou *Product Service Systems*).

Nesse contexto, as máquinas da unidade de negócio Unipac utilizam uma solução com equipamento de Interface Homem-Máquina (IHM), que recebe informação do *software* de gestão de negócios (SAP), possibilitando que o operador acesse a informação sobre a ordem de produção. Também, a empresa utiliza soluções de *Business Intelligence* (BI) para extrair uma série de informações do ambiente SAP e disponibilizar em um *data warehouse*. Outro mecanismo que se utiliza é a *cloud* privada, onde o pré-requisito para contemplação foi a segurança das informações.

Outro destaque no âmbito de tecnologias digitais é a linha de produtos Otmis, marca de produtos e soluções tecnológicas da Jacto para agricultura de precisão. Tais produtos contam com barra de luzes (*Global Positioning System*/GPS), controlador automático de seção, piloto automático, sensores para controle automático da altura das barras, sensores de plantas para controle da pulverização em fruticultura, sistemas de telemetria, sistema de monitoramento de pulverização e colheita, entre outras soluções. Esse sistema é considerado um sistema produto-serviço (Regra 4), onde fica a critério do cliente comprar o produto com esse serviço. Na unidade de negócios Rodojacto todo o transporte é rastreado e monitorado via satélite e todas as cargas são seguradas.

No quesito de colaboração, destaca-se uma parceria com uma empresa canadense especializada em sinais de correção de máquinas de tecnologia de ponta, ou seja, buscando atingir a excelência dos produtos e serviços, os sinais de correção de um GPS tradicional possuem um desvio médio de 20 a 25 centímetros, enquanto essa empresa canadense oferece a diminuição desse desvio para 2 a 3 centímetros.

Ainda, em relação ao Objetivo 1.1.1, adequar-se ao sistema de gestão ambiental (Regra 11), investir em tratamentos alternativos de água (Regra 12) e adequar-se às exigências da ISO 14001 (Regra 13) são mecanismos que apoiam o alcance desse objetivo.

Para garantir a excelência dos produtos-serviços e minimizar o problema de mão-de-obra qualificada, o investimento em treinamento dos funcionários (Regra 5) e em educação da comunidade (Regra 6) de modo geral, são iniciativas aderentes a tais propósitos.

Para fomentar a colaboração (Objetivo 1.3), explorar novas oportunidades de negócios (Regra 9), prospectando novos parceiros e colaboradores, compartilhar informações e conhecimentos (Regra 8), compartilhar recursos e competências (Regra 7) e realizar um rodízio de funcionários em diferentes funções (Regra 10) são mecanismos que corroboram com esse objetivo. O rodízio dos funcionários garante que a inteligência e o conhecimento de determinado processo não fiquem concentrados, evitando problemas em situações de ausência do profissional (férias, abstenção por motivo de doenças, etc.). As Regras 7, 8 e 9 também estão relacionadas à ideia de “utilizar estrategicamente as tecnologias” previamente esboçada no modelo da Figura 6.

Figura 8 – Modelo de regras de negócios

4.3.3. MODELO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS

Os processos colaborativos são etapas que envolvem múltiplos parceiros, cada um desempenhando um papel diferente. Os processos são definidos com base em protocolos de interação de negócios, comumente acordados pelos parceiros envolvidos (DYAL; HSU; LADIN, 2001). Nessa etapa, optou-se por ilustrar dois processos simplificados que envolveram a colaboração. Ressalta-se que esta pesquisa busca caracterizar o aspecto colaborativo no âmbito da Empresa S³.

Andres e Poler (2016) elencaram diversos processos que podem envolver a colaboração, tais como: projeto do produto, seleção de parceiros, projeto de sistema de medição de desempenho, alinhamento estratégico, negociação de contratos, gestão do conhecimento, gestão de incertezas, gestão de inventários, programação da produção, entre outros.

Diante da dificuldade em se construir o Modelo de Processos previamente, conforme prevê a metodologia 4EM, buscou-se nessa etapa exemplificar um processo colaborativo observado no Grupo Jacto.

A Figura 9 exibe como processo colaborativo a etapa de reunir recursos e competências das unidades de negócios do Grupo Jacto (Processo 1) para a produção da linha de pulverizadores Uniport. Como *input* tem-se o planejamento do desenvolvimento de um novo produto (Infoset 1) e como *output* tem-se o projeto do produto em termos de parcerias, formalizado (Infoset 2). Assim como nesse processo de desenvolvimento de produto, outros projetos de produtos também envolveram a colaboração de parceiros internos e externos.

A Figura 10, na mesma linha de raciocínio, apresenta em alto nível um processo de tomada de decisão sobre o investimento em novas tecnologias. A detecção, prospecção e captação de novas tecnologias (Processo 1) é realizada primeiramente pelo setor de TI negócios a partir da informação de entrada (Infoset 1) que gera um documento com características, benefícios, funcionamento da tecnologia em questão (Infoset 2). Posteriormente, o departamento de produção verifica a real necessidade e o impacto dessa tecnologia nos processos produtivos (Processo 2), confirmando a aderência da tecnologia ao processo (Infoset 3), para que finalmente o pessoal de TI corporativo analise a compatibilidade dessa proposta com o sistema já existente, em termos de redes e infraestrutura (Processo 3), podendo a partir desse momento, validar a proposta (Infoset 4) e iniciar o trabalho em conjunto com todos os departamentos relacionados.

Relacionando o Modelo de regras (Figura 8) com o Modelo de processos, pode-se notar que o Processo 1 ilustrado na Figura 9 é disparado pelas Regras 7 e 8. O Processo 1 ilustrado

na Figura 10, por sua vez, é disparado pelas Regras 1, 2, 3 e 14 por exemplo. Em relação ao Modelo de componentes e requisitos técnicos (Figura 12), a análise da infraestrutura de TI é uma das etapas do processo ilustrado na Figura 10.

Figura 9 – Modelo de processos de negócios 1

Figura 10 – Modelo de processos de negócio

4.3.4. MODELO DE ATORES E RECURSOS

Os parceiros colaborativos tratam-se de entidades envolvidas nas atividades de colaboração, ou seja, podem ser fornecedores, parceiros, filiais, provedores, consumidores ou varejistas, dependendo de seu papel no processo colaborativo em questão (KOSANKE; VERNADAT; ZELM, 2014; VERNADAT, 2014). A Figura 11 mostra o modelo de atores e recursos instanciado no caso real.

O Grupo Jacto (Unidade Organizacional 1) é formado por dez unidades de negócios que são: Unipac (Unidade Organizacional 1.1), Jacto Ferramentas (Unidade Organizacional 1.2), Rodojacto (Unidade Organizacional 1.3), Jacto Clean (Unidade Organizacional 1.4), Sintegra (Unidade Organizacional 1.5), Jacto Veículos (Unidade Organizacional 1.6), Jacto Agrícola (Unidade Organizacional 1.7), Mizumo (Unidade Organizacional 1.8), Onix Segurança (Unidade Organizacional 1.9) e Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia (Unidade Organizacional 1.10).

A Unipac atua no segmento de transformação de plástico e tem como propósito prover soluções inovadoras, que integram serviços e tecnologias de aplicação de polímeros, agregando valor à cadeia. A Jacto Ferramentas nasceu da necessidade de fabricar moldes e ferramentas para as empresas do próprio Grupo Jacto. A Rodojacto atende o grupo com soluções logísticas e locação de veículos. A Jacto Clean desenvolve, fabrica e comercializa lavadoras de alta pressão. A Sintegra provê produtos com alto nível de solicitação tecnológica em processos e materiais, especificamente para atender à área médico-hospitalar. A Jacto Veículos desenvolve, comercializa e aluga carros elétricos e rebocadores para indústria. A Jacto agrícola produz equipamentos e soluções para agricultura de precisão nos segmentos de pulverização e adubação, além de colhedoras para café e laranja. A Mizumo é especializada em soluções para tratamento de esgoto sanitário. A Onix Segurança é especializada em projetos e automação de sistemas de segurança. A Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia atua na área da educação, oferecendo diversos cursos profissionalizantes.

O Grupo Jacto possui diversos departamentos corporativos que são comuns a todas as unidades de negócios como, por exemplo, o Departamento de TI (Unidade Organizacional 2) que possui como papel principal gerenciar a TI de todas as unidades de negócios (Papel 1). Esse departamento elenca como principais recursos os *softwares* (Recurso 1), *hardwares* (Recurso 2), tecnologia (Recurso 3) e infraestrutura de telecomunicação (Recurso 4).

O Departamento de TI é dividido em dois grupos: TI Negócios (Unidade Organizacional 2.1) e TI Corporativo (Unidade Organizacional 2.2). Conforme já mencionado, os papéis

principais da TI Negócios é prospectar e captar novas tecnologias (Papel 2) e avaliar em conjunto com a operação a viabilidade de tais tecnologias (Papel 3). Esse grupo atualmente é composto por três funcionários: diretor, arquiteto e gerente de projetos.

O TI Corporativo tem como principais funções analisar a viabilidade em termos de redes e infraestrutura de tecnologias (Papel 4) e sustentar o sistema de modo geral (Papel 5). Pertencem à TI Corporativo um gerente (Unidade Individual 1) e analistas (Unidade Individual 2) que se dividem em TI sistemas (dezesseis funcionários) e TI infraestrutura (dez funcionários), totalizando vinte e seis trabalhadores. Nessa divisão, são realizados a análise dos requisitos e interoperabilidade (Papel 6), bem como os processos que garantam o funcionamento dos sistemas de informação de todo o Grupo Jacto (Papel 7).

Quanto aos relacionamentos entre os modelos desenvolvidos, nota-se que o Objetivo 1.2 (garantir a excelência do produto e serviço) é apoiado pelo grupo de TI. Assim como muitas dificuldades elencadas no Modelo de objetivos cabem ao departamento de TI minimizá-las. A relação entre o modelo de atores e recursos e as regras, processos e componentes técnicos é evidente.

Figura 11 – Modelo de atores e recursos

4.3.5. MODELO DE COMPONENTES E REQUISITOS TÉCNICOS

Os pontos de colaboração estão localizados entre as organizações ou em ambientes de computação independentes que apresentam uma interface de intercâmbio de dados, transferência e monitoramento de comandos (LI et al., 2013). Os modernos Sistemas de Informação (SI) incorporam recursos colaborativos. Isto constitui um impulsionador para uma mudança de paradigma na forma como a informação e os intercâmbios de dados são concebidos (EL KADIRI et al., 2016)

A Figura 12 apresenta o modelo de componentes e requisitos técnicos do departamento de TI Corporativo. O Sistema de Informação (SI) (Componente Técnico 1) comum em todas as unidades de negócios (Objetivo SI 1) é o sistema integrado de gestão empresarial SAP de uma empresa alemã líder no segmento de *softwares* corporativos. Segundo o gerente de TI, o sistema procura contemplar a empresa como um todo, dividindo módulos, onde cada módulo corresponde a uma área específica, como por exemplo, o módulo *Sales and Distribution* (SD) que contempla a área de Vendas e Distribuição, fazendo a integração das informações para determinado processo.

O Objetivo do SI é usado para expressar metas de alto nível em relação ao SI. Os problemas do SI expressam estados indesejáveis do negócio, tais como a padronização (Problema SI 1), a infraestrutura de TI (Problema SI 2) e requisição de soluções específicas (Problema SI 3). Em relação ao Problema SI 3, a Rodojacto, por exemplo, é uma empresa especializada em soluções de transporte e logística de produtos e, portanto, possui algoritmos que são específicos nesse meio de atuação. O gerenciamento de notas fiscais eletrônicas (Nf-e) e conhecimento de transporte eletrônico (CT-e) é um caso em que o sistema SAP não atende com a mesma agilidade que uma transportadora requer. Nesses casos, existem soluções específicas para atender conhecimentos de determinadas empresas do grupo.

A Cloud Privada (Componente Técnico 2) é uma solução em nuvem desenvolvida para atender exclusivamente o Grupo Jacto. Ela permite hospedar aplicativos e infraestruturas completas na nuvem e dedicar maiores esforços relacionados à segurança dos acessos e controles de dados. De modo geral, as tecnologias em nuvem propiciam o aumento do compartilhamento de dados independente das fronteiras geográficas da empresa, o melhor desempenho do sistema (como aumento de agilidade e flexibilidade) e redução de custos.

Os requisitos do sistema de informação expressam condições para que uma propriedade específica do sistema de informações seja projetada. A propriedade pode ser funcional (que tange a utilização do SI) ou não funcional (que tange as medidas de segurança, usabilidade,

acessibilidade, etc.). Como requisitos funcionais, foram apontados: disponibilizar dados e informações (Requisito Funcional 1), prover o *data warehouse* (Requisito Funcional 2) e emissão de ordens de produção (Requisito Funcional 3). É evidente que existem outros requisitos funcionais relacionados ao SI, no entanto, optou-se por pontuar alguns que correlacionam com o que já foi abordado no estudo. Em relação aos requisitos não funcionais, tem-se: a segurança de dados e informações (Requisito não funcional 1), facilidade no uso (Requisito não funcional 2), robustez (Requisito não funcional 3), interoperabilidade (Requisito não funcional 4), acesso remoto (Requisito não funcional 5).

Figura 12 – Modelo de componentes e requisitos técnicos

4.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Partindo-se de um conceito criado para enfrentar os avanços de tecnologias, crescente dinamismo do mercado e a alta competitividade inerente, buscou-se na literatura elementos, definições, fundamentos, conceitos associados aos sistemas S³ para que a construção dos modelos (itens 4.1 e 4.2) através da metodologia 4EM fosse desenvolvida de modo adequado e proporcionasse uma visão clara da localização do conceito em meio às disciplinas já consolidadas e dos principais aspectos associados.

O Modelo de Conceitos (Figura 4) apresentou a relação das Empresas S³ com outras disciplinas já consolidadas na literatura como, por exemplo, *Enterprise Integration* e *Enterprise Engineering*. Esse modelo visou contextualizar a abordagem Empresa S³ para facilitar sua compreensão e contribuir com futuras pesquisas.

O Modelo de Conceitos (Figura 5) apresentado no item 4.2 evidenciou as principais definições (sistemas *sensing*, *smart* e *sustainable*) e princípios (agilidade, transparência, empoderamento, compartilhamento, colaboração, interoperabilidade, resiliência, inovação e auto-organização) das Empresas S³, sugerindo além da caracterização da colaboração (objetivo desta pesquisa), outras oportunidades de pesquisas.

Os Modelos de Objetivos e Regras de Negócio (Figura 6), por sua vez, apresentaram os principais objetivos das Empresas S³, as ameaças que dificultam e as regras que garantem que os objetivos sejam alcançados.

Tais modelos conceituais proporcionam uma visão geral sobre as Empresas S³, seus fundamentos, conceitos, metas esperadas, bem como regras necessárias para sua execução. A contextualização das Empresas S³ em disciplinas consolidadas proporciona uma melhor compreensão para futuros pesquisadores, empresários, interessados de modo geral. A sistematização (modelos de Conceitos, Objetivos e Regras de Negócios) permite a análise e orientação a partir de diversas perspectivas.

Além dos modelos apresentados nesse capítulo, a revisão sistemática (Capítulo 3) proporcionou um *framework* conceitual com os desafios e oportunidades de redes colaborativas e Empresas S³.

Como as empresas tradicionais podem se transformar em Empresas S³? Qual a importância do princípio de colaboração nessa transformação? Com o intuito de analisar a aplicabilidade e consistência dos modelos desenvolvidos e responder as questões de pesquisa integralmente, os modelos foram instanciados em um caso real, pois, de acordo com Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002), o estudo de caso é considerado o método de pesquisa mais

adequado para conduzir investigações em que a experiência é rara e as condições contextuais são desconhecidas e, de acordo com Runfola et al. (2017), oferece a oportunidade de compreender um fenômeno que é particularmente importante no campo de gestão.

Assim, o Modelo de Atores e Recursos (Figura 11) permitiu entender a estrutura organizacional do Grupo, especificamente do departamento de TI (foco da pesquisa). Trata-se de um departamento corporativo, onde são originadas todas as decisões a respeito de *softwares*, *hardwares* e tecnologias que impactam todas as empresas do grupo. A colaboração entre as empresas do grupo é evidenciada em qualquer processo de melhoria ou atualização que uma das empresas necessite. Além de compartilharem um único sistema integrado (SAP), como ilustrado no Modelo de Componentes e Requisitos Técnicos (Figura 12), compartilham eventualmente recursos e competências para solucionar problemas, compartilham informações e conhecimentos de melhores práticas que podem ter gerado uma inovação, entre outros. Essa colaboração pode ser vista também nos Modelos de Processos (Figuras 9 e 10).

Em relação à colaboração com fornecedores e clientes, a empresa tem como um dos valores a filosofia “ninguém cresce sozinho”. Ou seja, procura manter o melhor relacionamento possível com clientes, buscando atender suas dinâmicas necessidades e, em relação aos fornecedores, fomenta constantemente parcerias para desenvolvimento e/ou aprimoramento de produtos/serviços.

Em consonância com as características da empresa sensível e inteligente, o caso exemplo mostrou no Modelo de Regras de Negócios (Figura 8) o investimento em tecnologias emergentes, tais como: sensores inteligentes, iniciativas de estudos sobre a impressão 3D, *big data*, computação em nuvem, uso de dispositivos móveis, tecnologias de localização geográfica, interfaces avançadas de interação humana, plataformas de IoT, entre outros. Em relação à característica sustentável preconizada pela Empresa S³, o caso exemplo mostrou iniciativas diversas como: projetos sociais, projetos ambientais, treinamento de funcionários, participações frequentes em eventos de tecnologia para atualização e melhoria do desempenho dos negócios, foco no cliente, foco na tecnologia de ponta, entre outras.

Essa participação em eventos e fóruns que tratam de tecnologia e novos paradigmas contribui com a minimização de eventuais barreiras culturais em relação ao retorno do investimento e ameaças como despreparo do mercado. No caso exemplo, a ausência de linhas de financiamento apropriadas não foi considerada uma barreira já que a empresa não considera essa opção no momento de investir em tecnologia. No entanto, o entrevistado mencionou o “custo Brasil” como uma ameaça no Modelo de Objetivos (Figura 7) porque é uma realidade e,

sendo assim, um ponto a ser tratado seria o aperfeiçoamento da tributação para que essa questão não seja um entrave.

O caso estudado possui uma área específica no departamento de TI para prospecção tecnológica, podendo servir de exemplo a outras empresas. Quanto à infraestrutura de telecomunicação, o país deve revisar os recursos públicos que viabilizem essa infraestrutura de qualidade, já que ainda é apontada pelo entrevistado como precária. Quanto à regulação, vale ressaltar a necessidade de adotar padrões de cibersegurança para evitar/minimizar ciberataques.

Além dessas considerações, vale ressaltar a importância dos recursos humanos nesse processo. As iniciativas estratégicas (Empresa S³, Indústria 4.0) preconizam a qualificação de mão-de-obra para adequar-se aos novos modelos de negócios. No caso exemplo, a empresa fundou uma Escola Técnica Agrícola em 1982 e até 2007 havia formado 797 técnicos agrícolas. Os avanços tecnológicos tendem a tirar muitos trabalhadores do chão de fábrica e transitá-los para a programação, manutenção e engenharia das tecnologias. Portanto, o investimento em capacitação de profissionais deve ser prioridade.

A partir das informações levantadas na pesquisa, é possível inferir que os avanços das TICs têm permitido que as empresas se movam de ambientes altamente controlados por dados para ambientes voltados ao compartilhamento de informação e conhecimento. O compartilhamento do *know-how*, uso de melhores práticas e aplicativos baseados em recursos/web abertos estão permitindo alcançar a integração, implementação e interoperabilidade da rede de empresas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de Empresa S³ foi elucidado como um paradigma para orientar as empresas que buscam competitividade diante da revolução digital. Identificou-se inicialmente nos estudos de Weichhart et al. (2016) a necessidade de explorar o princípio de colaboração, evidenciando sua importância, aderência e contribuição ao tema. Por se tratar de um paradigma contemporâneo, evolutivo e complexo, identificou-se na modelagem de empresas uma oportunidade para documentar as relações entre os objetivos estratégicos, regras de negócios, processos de trabalhos, estruturas organizacionais, produtos, serviços, infraestrutura de TI, entre outros aspectos de uma empresa que caminha em direção às condições de uma Empresa S³, evidenciando o aspecto colaborativo inserido no contexto.

Nesta pesquisa, foi desenvolvido um referencial teórico sobre a empresa sensível, inteligente e sustentável e também uma revisão sistemática da literatura acerca de redes colaborativas, contemplando os últimos cinco anos de pesquisas, buscando explorar o princípio de colaboração, identificando os fatores motivadores, bem como as implicações da rede colaborativa nas Empresas S³, resultando assim em desafios e oportunidades comuns aos dois temas.

A ampla revisão da literatura permitiu o desenvolvimento de modelos de empresas conceituais que contextualizaram a Empresa S³ em disciplinas já consolidadas, bem como apontaram princípios norteadores, além da colaboração, que representam lacunas de pesquisa a serem posteriormente investigadas. Tais modelos desenvolvidos com o apoio da metodologia de modelagem 4EM apoiaram o processo de instanciação em um caso real.

O método de estudo de caso único foi escolhido devido à natureza qualitativa e exploratória deste estudo. As informações foram coletadas através de entrevista com o gerente de TI corporativo do Grupo Jacto. O referido gerente trabalha na empresa há 28 anos e contribuiu proativamente com sua experiência e seu conhecimento, sendo o mais didático possível e sincero nas questões que lhe foram feitas. A escolha da empresa está pautada em diversas reportagens divulgadas pela imprensa, em pesquisas realizadas pela CNI que apontam o setor de máquinas e equipamentos no Brasil avançado em relação à iniciativa estratégica Indústria 4.0, bem como no conhecimento de parceria com universidades que a empresa faz questão de manter. Além disso, trata-se de um grupo que possui dez unidades de negócios em diferentes setores da economia e, dessa forma, a caracterização do princípio de colaboração foi possível.

Como as empresas tradicionais podem se transformar em Empresas S³? Qual a importância do princípio de colaboração nessa transformação? A digitalização mostra desafios em relação à mão-de-obra e infraestrutura de TIC para todos os setores industriais e de serviços. Conclui-se que as abordagens arcaicas baseadas em protecionismo e isolamento perderam relevância em um ambiente com disponibilidade de informações em tempo real e conhecimento global. As empresas bem-sucedidas, incluindo o caso exemplo, entendem que a colaboração é essencial para a sobrevivência nesse ambiente digitalizado sendo, portanto, considerada um fator-chave para o poder competitivo.

Como contribuições dessa pesquisa, destacam-se a ampla revisão bibliográfica que disponibilizou uma visão dos principais aspectos, fundamentos, objetivos da Empresa S³, contribuindo com a literatura de *sensing, smart and sustainable enterprises* ao preencher lacunas de pesquisa sinalizadas em trabalhos anteriores, bem como uma nova abordagem analítica para esse paradigma, disseminando o conhecimento para pesquisadores, empresários e interessados de modo geral.

A revisão sistemática sobre redes colaborativas, especificamente, possui como contribuições, além da exploração dos conceitos associados às Empresas S³, a identificação de desafios e oportunidades de pesquisas pautados em evidências sobre as diversas áreas de aplicação possíveis e abordagens de pesquisas mais utilizadas, propiciando lacunas a serem preenchidas em futuros trabalhos. De modo geral, essa revisão permitiu concluir que muitos pesquisadores estão em busca de soluções inovadoras que atendam às expectativas do novo e dinâmico perfil dos consumidores.

Ainda, como contribuição da pesquisa, foi apresentado um caso exemplo para ilustrar a aplicabilidade do conceito e do princípio de colaboração inerente, buscando servir como um modelo orientador na condução dessa iniciativa estratégica.

Dentre as limitações da pesquisa, a metodologia 4EM, na maioria dos projetos de modelagem, compreende três etapas: (1) analisar e modelar a situação atual da empresa (modelo AS-IS), identificando fraquezas internas e ameaças; (2) avaliar todos os modelos desenvolvidos em conjunto, buscando identificar conflitos de prioridades, regras sem objetivos, processos desnecessários, entre outros; e (3) modelar a situação futura (modelo TO-BE), especificando mudanças a serem feitas que podem ser puramente organizacionais ou revisão de soluções de TI (SANDKUHL et al., 2014). No entanto, essa pesquisa limitou-se à Etapa 1, onde todos os esforços foram concebidos para reunir dados/informações dispersos na literatura, já que se trata de um tema contemporâneo, uma tendência promissora.

Apesar dessa pesquisa ter preenchido uma lacuna de pesquisa identificada em Weichhart et al. (2016) quanto a utilização de metodologias de modelagem de empresas, uma limitação continua sendo a quantidade de informações sobre as Empresas S³. Ainda que seja uma contribuição dessa pesquisa, vale ressaltar que a literatura ainda carece de estudos mais aprofundados com diferentes abordagens analíticas.

As limitações destacadas fornecem um ponto de partida para futuras pesquisas. A realização de estudo de caso múltiplo, por exemplo, proporcionaria o potencial de análise cruzada, o que não é possível no momento. Pesquisas futuras também podem realizar estudos empíricos adicionais através de estudos quantitativos, validando e ampliando os resultados do presente estudo. Pelas características da Empresa S³, ainda que muitas empresas estejam conscientes da necessidade de romper antigos modelos de negócios, outras requerem como parte do processo de transformação uma quantificação dos benefícios, vantagens e investimento financeiro necessário. Entende-se a dificuldade de quantificar tais abordagens e, portanto, caracteriza-se como uma limitação a ser estudada.

A internet e outras tecnologias emergentes estão evoluindo para níveis superiores de digitalização (sistemas ciberfísicos, por exemplo), ao mesmo tempo em que a servitização, tecnologias de nuvem, colaboração mundial entre empresas também são tendências crescentes. A integração perfeita dessas tendências também poderia ser um futuro objeto de estudos. Além disso, a revisão sistemática apresentada nessa pesquisada limitou-se aos conhecimentos específicos de Engenharia, podendo ser ampliado a outras áreas de conhecimento tais como ciência da computação, economia, educação e assim por diante.

Por fim, a transformação de uma empresa em Empresa S³ deve acontecer passo a passo e, portanto, sugere-se que as empresas sejam acompanhadas e apoiadas nessa direção através de novas modelagens de empresa, novas aplicações em diferentes setores e níveis estratégicos da indústria, novas abordagens de pesquisas que sirvam também como estruturas orientadoras.

REFERÊNCIAS

- ABDMOULEH, A.; SPADONI, M.; VERNADAT, F. Distributed client/server architecture for CIMOSA-based enterprise components. **Computers in Industry**, v. 55, n. 3, p. 239-253, 2004.
- ABOLHASANZADE, B.; JALILI, S. Towards modeling and runtime verification of self-organizing systems. **Expert Systems with Applications**, v. 44, p. 230–244, 2016.
- ACCENTURE STRATEGY. **The growth game-changer**: how the industrial internet of things can drive progress and prosperity. 2015. Disponível em: <https://www.accenture.com/t20150523T033000__w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_7/Accenture-Country-Spotlights-Industrial-Internet-Things.pdf>. Acesso em: 25 janeiro 2017.
- AFZAL, M. et al. AGRIKIOSK – A digital tool to reach farmers and rural communities. **International Journal of Applied Engineering Research**, v. 10, n. 15, p. 35650-35656, 2015.
- AGOSTINHO, C.; FERREIRA, J.; JARDIM-GONCALVES, R. Information realignment in pursuit of self-sustainable interoperability at the digital and sensing enterprise. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 38-45, 2015.
- AGOSTINHO, C.; PINTO, P.; JARDIM-GONCALVES, R. Dynamic adaptors to support model-driven interoperability and enhance sensing enterprise networks. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 47, n. 3, p. 2400-2407, 2014.
- ALMEIDA, A. et al. Sustainability assessment framework for proactive supply chain management. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 24, n. 2, p. 198-222, 2016.
- ANDRES, B.; POLER, R. Models, guidelines and tools for the integration of collaborative processes in non-hierarchical manufacturing networks: a review. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 29, n. 2, p. 166-201, 2016.
- ANDRES, B.; POLER, R. Relevant problems in collaborative processes of non-hierarchical manufacturing networks. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 6, n. 3 SPL.ISS, p. 723-731, 2013.
- ANDRES, B.; SANCHIS, R.; POLER, R. A Cloud Platform to support Collaboration in Supply Networks. **International Journal of Production Management and Engineering**, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2016.
- ARRIAGADA, D. R. E.; ALARCÓN, C. L. F. Knowledge management and maturation model in construction companies. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 4, 2014.
- AZADEH, A.; SALMANZADEH-MEYDANI, N.; MOTEVALI-HAGHIGHI, S. Performance optimization of an aluminum factory in economic crisis by integrated resilience engineering and mathematical programming. **Safety Science**, v. 91, p. 335–350, 2017.

BAEK, J. S.; MERONI, A.; MANZINI, E. A socio-technical approach to design for community resilience: A framework for analysis and design goal forming. **Design Studies**, v. 40, p. 60-84, 2015.

BEAUDRY, C.; ALLAOUI, S. Impact of public and private research funding on scientific production: The case of nanotechnology. **Research Policy**, v. 41, n. 9, p. 1589-1606, 2012.

BECKETT, R. C.; JONES, M. Collaborative network success and the variable nature of trust. **Production Planning and Control**, v. 23, n. 4, p. 240-251, 2012.

BELLINI, P. et al. Mobile Medicine: Semantic computing management for health care applications on desktop and mobile devices. **Multimedia Tools and Applications**, v. 58, n. 1, p. 41-79, 2012.

BENABEN, F. et al. Semantic issues in model-driven management of information system interoperability. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 11, p. 1042-1053, 2013.

BERNUS, P. et al. Enterprise engineering and management at the crossroads. **Computers in Industry**, v. 79, p. 87-102, 2016.

BHAAT, H. B.; KIM, C. S. Developing a quality empowerment framework for the education innovation. **Asian Journal of Technology Innovation**, v. 25, n. 1, p. 98-109, 2017.

BHATTACHARYYA, M.; BANDYOPADHYAY, S. Finding quasi core with simulated stacked neural networks. **Information Sciences**, v. 294, p. 1-14, 2015.

BOEHM, D. N.; HOGAN, T. 'A jack of all trades': The role of PIs in the establishment and management of collaborative networks in scientific knowledge commercialisation. **Journal of Technology Transfer**, v. 39, n. 1, p. 134-149, 2014.

BOGLE, I. D. L. A perspective on smart process manufacturing research challenges for process systems engineers. **Engineering**, v. 3, n. 2, p. 161-165, 2017.

BOJANOWSKI, M.; CORTEN, R.; WESTBROCK, B. The structure and dynamics of the global network of inter-firm R&D partnerships 1989-2002. **Journal of Technology Transfer**, v. 37, n. 6, p. 967-987, 2012.

BOTELHO, M.; CARRIJO, M.; KAMASAKI, G. Inovações, pequenas empresas e interações com instituições de ensino/pesquisa em arranjos produtivos locais de setores de tecnologia avançada. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 6, n. 2, p. 331-371, 2007.

BOUDREAU, M. C.; CHEN, A.; HUBER, M. Green IS: building sustainable business practices. **Information Systems: A Global Text**, p. 1-17, 2008.

BOZA, A. et al. The interoperability force in the ERP field. **Enterprise Information System**, v. 9, n. 3, p. 257-278, 2015.

BRAHA, D.; STACEY, B.; BAR-YAM, Y. Corporate competition: a self-organized network. **Social Networks**, v. 33, n. 3, p. 219-230, 2011.

BRODSKY, A. et al. Analysis and optimization based on reusable knowledge base of process performance models. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 88, n. 1-4, p. 337-357, 2017.

BROEKEL, T.; FORNAHL, D.; MORRISON, A. Another cluster premium: Innovation subsidies and R&D collaboration networks. **Research Policy**, v. 44, n. 8, p. 1431-1444, 2015.

BUBENKO, J.; BRASH, D.; STIRNA, J. EKD user guide. **ELEKTRA: Electrical Enterprise Knowledge for Transforming Applications: Project n. 22927**, 1998.

BURNARD, K.; BHAMRA, R. Organisational resilience: development of a conceptual framework for organisational responses. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 18, p. 5581-5599, 2011.

BUSQUETS, J.; RODON, J.; WAREHAM, J. Adaptability in smart business network s: An exploratory case in the insurance industry. **Decision Support Systems**, v. 47, n. 4, p. 287-296, 2009.

CAMARINHA-MATOS, L. M. et al. Collaborative networked organizations: concepts and practice in manufacturing enterprises. **Computers & Industrial Engineering**. v. 57, n. 1, p. 46-60, 2009.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. Collaborative networks in active ageing - A roadmap contribution to demographic sustainability. **Production Planning and Control**, v. 23, n. 4, p. 279-298, 2012.

CAMARINHA-MATOS, L.; ABREU, A. Performance indicators for collaborative networks based on collaboration benefits. **Production Planning & Control**, v. 18, n. 7, p. 592-609, 2007.

CAMARINHA-MATOS, L.; AFSARMANESH, H. **Collaborative Systems for Smart Environments: Trends and Challenges**. In: Collaborative Systems for Smart Networked Environments”, IFIP Series 434, 2014, p. 3-14.

CAO, Q.; THOMPSON, M. A.; TRICHE, J. Investigating the role of business processes and knowledge management systems on performance: A multi-case study approach. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 18, p. 5565-5575, 2013.

CARDOSO, T.; CAMARINHA-MATOS, L. M. Pro-Active Service Ecosystem Framework. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 11, p. 1021-1041, 2013.

CARNEIRO, L. M. et al. Case studies on collaboration, technology and performance factors in business networks. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 101-116, 2013.

CARRASCO, G; LORENZO, S. Las redes de innovación colaborativa y el futuro de la calidad asistencial. **Revista de Calidad Asistencial**. v. 30, n. 2, p. 53-54, 2015.

CARTON, F.; BREZILLON, P.; FELLER, J. Digital selves and decision-making contexts: towards a research agenda. **Journal of Decision Systems**, v. 25, p. 96-105, 2016.

CHAKRABORTY, T.; GANGULY, N.; MUKHERJEE, A. An author is known by the context she keeps: significance of network motifs in scientific collaborations. **Social Network Analysis and Mining**, v. 5, n. 1, p. 1-21, 2015.

CHALMETA, R.; CAMPOS, C.; GRANGEL, R. Reference architectures for enterprise integration. **The Journal of Systems and Software**, v. 57, p. 175-191, 2001.

CHARDINE-BAUMANN, E.; BOTTA-GENOULAZ, V. A framework for sustainable performance assessment of supply chain management practices. **Computers & Industrial Engineering**, v. 76, p. 138-147, 2014.

CHEIKHROUHOU, N.; POULY, M.; MADINABEITIA, G. Trust categories and their impacts on information exchange processes in vertical collaborative networked organisations. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 87-100, 2013.

CHEIKHROUHOU, N.; TAWIL, A. R. H.; CHOUDHARY, A. Modelling competence-based virtual organisations using the unified enterprise competence modelling language. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2138-2159, 2013.

CHEN, D. **Framework for Enterprise Interoperability**. In: Congrès International de Génie Industriel (CIGI2009), Tarbes, France, 2009.

CHEN, D.; DOUMEINGTS, G.; VERNADAT, F. B. Architectures for enterprise integration and interoperability: past, present and future. **Computers in industry**, v. 59, n. 7, p. 647- 659, 2008.

CHEN, Y. et al. Evolution of regional scientific collaboration networks: China-Europe emerging collaborations on nano-science. **International Journal of Technology Management**, v. 63, n. 3-4, p. 185-211, 2013.

CHEN, Y.; LIN, T.; YEN, D. C. How to facilitate inter-organizational knowledge sharing: the impact of trust. **Information & Management**, v. 51, p. 568–578, 2014.

CHEN, Z. et al. Cloud computing-based forensic analysis for collaborative network security management system. **Tsinghua Science and Technology**, v. 18, n. 1, p. 40-50, 2013.

CHEN, Z. et al. Collaborative Network Security in Multi-Tenant Data Center for Cloud Computing. **Tsinghua Science and Technology**, v. 19, n. 1, p. 82-94, 2014.

CHRISTOPHERSON, S.; KITSON, M. Innovation, networks and knowledge exchange. **Cambridge Journal of Regions, Economy and Society**, v. 1, n. 2, p. 165-173, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS – CNI. **Desafios para Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016.

CORELLA, V. P.; ROSALE, R. C.; SIMARRO, D. M. SCIF-IRIS framework: A framework to facilitate interoperability in supply chains. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 25, n. 12, p. 1114-1133, 2012.

DANGELICO, R. M.; PONTRANDOLFO, P.; PUJARI, D. Developing Sustainable New Products in the Textile and Upholstered Furniture Industries: Role of External Integrative Capabilities. **Journal of Product Innovation Management**, v. 30, n. 4, p. 642-658, 2013.

DANILA, C. et al. **Sustainable interoperability of sensing enterprise**. Proceedings of 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control. Saint Petersburg, Russia, 2013.

DAUDI, M.; HAUGE, J. B.; THOBEN, K. D. Behavioral factors influencing partner trust in logistics collaboration: a review. **Logistics Research**, v. 9, n. 1, 2016.

DAVIS, J. et al. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. **Computers & Chemical Engineering**, v. 47, n. 20, p. 145-156, 2012.

DELOITTE. **The digital workplace: think, share, do**. Bélgica: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, 2014.

de la FUENTE, M. V.; ROS, L.; ORTIS, A. Enterprise modelling methodology for forward and reverse supply chain flows integration. **Computers in Industry**, v. 61, n. 7, p. 702-710, 2010.

DE PRATO, G.; NEPELSKI, D. Global technological collaboration network: network analysis of international co-inventions. **Journal of Technology Transfer**, v. 39, n. 3, p. 358-375, 2014.

DE VRIES, M. Guiding the development of enterprise design approaches. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 27, n. 3, p. 12-22, 2016.

DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a systematic review. In: BUCHANAN, D. A.; BRYMAN, A. (Eds.). **The Sage handbook of organizational research methods**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd, 2009.

DI CAGNO, D.; FABRIZI, A.; MELICIANI, V. The impact of participation in European joint research projects on knowledge creation and economic growth. **Journal of Technology Transfer**, v. 39, n. 6, p. 836-858, 2014.

DIAS, C.; ESCOVAL, A. The open nature of innovation in the hospital sector: The role of external collaboration networks. **Health Policy and Technology**, v. 1, n. 4, p. 181-186, 2012.

DÍAZ, M.; MARTÍN, C.; RUBIO, B. State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 67, p. 99-117, 2016.

DIJKMAN, R. M. et al. Business models for the Internet of Things. **International Journal of Information Management**, v. 35, p. 672-678, 2015.

DUCQ, Y.; CHEN, D.; VALLESPER, B. Interoperability in enterprise modelling: requirements and roadmap. **Advanced Engineering Informatics**, v. 18, p. 193-203, 2004.

DURUGBO, C. Collaborative networks: A systematic review and multi-level framework. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 12, p. 3749-3776, 2016.

DURUGBO, C. Managing information for collaborative networks. **Industrial Management and Data Systems**, v. 114, n. 8, p. 1207-1228, 2014.

DURUGBO, C.; RIEDEL, J. C. K. H. Readiness assessment of collaborative networked organisations for integrated product and service delivery. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 2, p. 598-613, 2013.

DYAL, U.; HSU, M.; LADIN, R. **Business Process Coordination: State of the Art, Trends, and Open Issues**. In Proceedings of the 27th VLDB Conference on Very Large Data Bases (VLDB 2001). Roma: Morgan Kaufmann, 2001.

EAIDGAH, Y. et al. Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 2, p. 187-210, 2016.

EFFIO, D. G. et al. A Look at State-Level Risk Assessment in the United States: Making Decisions in the Absence of Federal Risk Values. **Risk Analysis**, v. 33, n. 1, p. 54-67, 2013.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: the triple bottom line of 21st-century business. **Environmental Quality Management**, v. 8, p. 37-51, 1998.

EL KADIRI, S. et al. Current trends on ICT technologies for enterprise information systems. **Computers in Industry**, v. 79, p. 14-33, 2016.

ESTRADA, I.; FAEMS, D.; FARIA, P. Coopetition and product innovation performance: The role of internal knowledge sharing mechanisms and formal knowledge protection mechanisms. **Industrial Marketing Management**, v. 53, p. 56-65, 2016.

FERRO-BECA, M. et al. A framework for enterprise context analysis based on semantic principles. **Computer Science and Information Systems**, v. 12, n. 3, p. 931-960, 2015.

FETTERMAN, D. M.; WANDERSMAN, A. **Empowerment evaluation: principles in practice**. New York: The Guilford Press, 2005.

FIALA, D. et al. Ageing of edges in collaboration networks and its effect on author rankings. **Acta Polytechnica Hungarica**, v. 12, n. 6, p. 149-160, 2015.

FIGAY, N. et al. Interoperability framework for dynamic manufacturing networks. **Computers in Industry**, v. 63, n. 8, p. 749-755, 2012.

FIKSEL, J. A system view of sustainability: the triple value model. **Environmental Development**, v. 2, p. 138-141, 2012.

FILOS, E. Smart organizations in the digital age. In: MEZGAR, I. (Ed.). **Integration of ICT in smart organizations**. London: Idea Group Publishing, 2006.

FINES CLUSTER. **Position Paper on Orientations for FP8: A European Innovation Partnership for Catalysing the Competitiveness of European Enterprises**, 2011. Disponível em: <http://www.cordis.europa.eu/fp7/ict/enet/documents/fines-position-paper-fp8-orientations-final.pdf>. Acesso em: 02 de fev de 2017.

FISCHL, M. C.; SCHERRER-RATHJE, M.; FRIEDLI, T. Digging deeper into supply risk: a systematic literature review on price risks. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 19, n. 5/6, p. 480-503, 2014.

FORNASIERO, R. et al. Implementation of customisation strategies in collaborative networks through an innovative Reference Framework. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 14, p. 1158-1170, 2016.

FORNASIERO, R.; ZANGIACOMI, A. A structured approach for customised production in SME collaborative networks. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2110-2122, 2013.

FOSS, N. J.; LYNGSIE, J.; ZAHRA, S. A. The role of external knowledge sources and organizational design in the process of opportunity exploitation. **Strategic Management Journal**, v. 34, n. 12, p. 1453-1471, 2013.

GALASSO, F. et al. A method to select a successful interoperability solution through a simulation approach. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, n. 1, p. 217-229, 2016.

GARETTI, M.; TAISCH, M. Sustainable manufacturing: trends and research challenges. **Production Planning and Control**, v. 23, p. 83-104, 2012.

GEIBLER, J. V. et al. Forming the nucleus of a novel ecological accounting system: the myecocost approach. **Key Engineering Materials**, v. 572, p. 78-83, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, L. P. C.; MARQUES, D. M. N.; GUERRINI, F. M. Self-organizing Six Sigma Program: as-is model and need for changes. **Gestão e Produção**, *in press*, 2017.

GORANSON, H. T. **The agile virtual enterprise: cases, metrics and tools**. Westport: Quorum Books, 1992.

GRAÇA, P.; CAMARINHA-MATOS, L. M. Performance indicators for collaborative business ecosystems: literature review and trends. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 116, p. 237-255, 2017.

GRILO, A. et al. Construction collaborative networks: the case study of a building information modelling-based office building project. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 152-165, 2013.

GUAN, J. et al. Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure? **Research Policy**, v. 45, n. 4, p. 770-784, 2016.

GUAN, J.; LIU, N. Exploitative and exploratory innovations in knowledge network and collaboration network: A patent analysis in the technological field of nano-energy. **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 97-112, 2016.

GUAN, J.; ZHANG, J.; YAN, Y. The impact of multilevel networks on innovation. **Research Policy**, v. 44, n. 3, p. 545-559, 2015.

GUERRINI, F. M.; PELLEGRINOTTI, C. C. Reference model for collaborative management in the automotive industry. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 3, p. 183-197, 2016.

HAN, H. et al. Uncovering research topics of academic communities of scientific collaboration network. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 2014, 2014.

HAN, K. H.; PARK, J. W. Process-centered knowledge model and enterprise ontology for the development of knowledge management system. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 4, p. 7441-7447, 2009.

HANELT, A.; BUSSE, S.; KOLBE, L. M. Driving business transformation toward sustainability: exploring the impact of supporting IS on the performance contribution of eco-innovations. **Information Systems Journal**, v. 27, n. 4, p. 463-502, 2017.

HASANI-MAVRIQI, I. et al. The influence of social status and network structure on consensus building in collaboration networks. **Social Network Analysis and Mining**, v. 6, n. 1, 2016.

HE, D. et al. **An approach to use PERA in Enterprise Modeling for industrial systems**. In: IECON 2012 - 38TH Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2012, p. 4196-4203.

HELU, M. et al. Identifying performance assurance challenges for smart manufacturing. **Manufacturing Letters**, v. 6, p. 1-4, 2015.

HELU, M.; HEDBERG JR., T. Enabling smart manufacturing research and development using a product lifecycle test bed. **Procedia Manufacturing**, v. 1, p. 86-97, 2015.

HINKELMANN, K. et al. A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology. **Computers in Industry**, v. 79, p. 77-86, 2016.

HSIEH, F. S.; LIN, J. B. Context-aware workflow management for virtual enterprises based on coordination of agents. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 25, n. 3, p. 393-412, 2014.

HUANG, X-X. et al. The relationships between regulatory and customer pressure, green organizational responses, and green innovation performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3423-3433, 2016.

HUANG, Y. et al. Analyzing collaboration networks and developmental patterns of nano-enabled drug delivery (NEDD) for brain cancer. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 6, n. 1, p. 1666-1676, 2015.

IMKAMP, D. et al. Challenges and trends in manufacturing measurement technology: the "Industrie 4.0" concept. **Journal of Sensors and Sensor Systems**, v. 5, n. 2, p. 325-335, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15704. **Industrial automation systems**: Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies. Vienna: ISO, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19439. **Enterprise integration**: Framework for enterprise modelling. Geneva, Switzerland: ISO, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19440. **Enterprise integration**: Constructs for enterprise modelling. Geneva, Switzerland: ISO, 2007.

JACKSON, S.; FERRIS, T. L. J. Resilience principles for engineered systems. **Systems Engineering**, v. 16, n. 2, p. 152-164, 2013.

JACTO. **Agrishow**: Soluções para a agricultura focam no futuro dos negócios digitais, 2017. Disponível em: <http://www.jacto.com.br/brasil/press/agrishow-solucoes-para-a-agricultura-focam-no-futuro-dos-negocios-digitais>. Acesso em: 18 de jun. 2017.

JAEGLER, A.; BURLAT, P. Carbon friendly supply chains: a simulation study of different scenarios. **Production Planning & Control**, v. 23, n. 4, p. 269-278, 2012.

JANSSON, K.; KARVONEN, I. Using CNOs in international marketing and outbound logistics. **Cogent Engineering**, v. 1, n. 1, 2014.

JARDIM-GONCALVES, R. et al. Reference framework for enhanced interoperable collaborative networks in industrial organisations. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 166-182, 2013.

JAYARAM, J.; PATHAK, S. A holistic view of knowledge integration in collaborative supply chains. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 1958-1972, 2013.

JENSEN, K. W.; SCHOTT, T. Start-up firms' networks for innovation and export: facilitated and constrained by entrepreneurs' networking in private and public spheres. **Social Network Analysis and Mining**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2015.

JIANG, Z.; FUNG, R. K. An adaptive agile manufacturing control infrastructure based on topns-cs modelling. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 22, n. 3-4, p. 191-215, 2003.

JING, H. et al. An Adaptive Weighting based on Modified DOP for Collaborative Indoor Positioning. **Journal of Navigation**, v. 69, n. 2, p. 225-245, 2016.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Securing the future of german manufacturing industry**: recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Frankfurt: National Academy of Science and Engineering, 2013.

KANDJANI, H.; BERNUS, P.; WEN, L. Reducing the structural complexity and transaction cost of collaborative networks using extended axiomatic design theory and virtual brokerage. **Concurrent Engineering Research and Applications**, v. 22, n. 4, p. 320-332, 2014.

KARHU, K.; TANG, T.; HÄMÄLÄINEN, M. Analyzing competitive and collaborative differences among mobile ecosystems using abstracted strategy networks. **Telematics and Informatics**, v. 31, n. 2, p. 319-333, 2014.

KARIMI, F.; KHALILPOUR, R. Evolution of carbon capture and storage research: Trends of international collaborations and knowledge maps. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 37, p. 362-376, 2015.

KASSEM, M.; DAWOOD, N. N.; MITCHELL, D. A structured methodology for enterprise modeling: a case study for modeling the operation of a british organization', **Journal of Information Technology in Construction**, v. 16, p. 381-410, 2011.

KHAN, W. Z. et al. When social objects collaborate: concepts, processing elements, attacks and challenges. **Computers & Electrical Engineering**, v. 58, p. 397-411, 2017.

KIBIRA, D.; MORRIS, K. C.; KUMARAGURU, S. Methods and tools for performance assurance of smart manufacturing systems. **Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology**, v. 121, p. 282-313, 2016.

KIM, H.; JUNG, W. S. Bibliometric Analysis of Collaboration Network and the Role of Research Station in Antarctic Science. **Industrial Engineering and Management Systems**, v. 15, n. 1, p. 92-98, 2016.

KIM, J.; PEREZ, C. Co-Authorship Network Analysis in Industrial Ecology Research Community. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, n. 2, p. 222-235, 2015.

KOH, S. L. et al. Decarbonising product supply chains: Design and development of an integrated evidence-based decision support system-the supply chain environmental analysis tool (SCEnAT). **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2092-2109, 2013.

KORTUEM, G. et al. Smart objects as building blocks for the Internet of things. **IEEE Internet Computing**, v. 14, n. 1, p. 44-51, 2010.

KOSANKE, K. CIMOSA: overview and status. **Computers in Industry**, v. 27, n. 2, p. 101-109, 1995.

KOSANKE, K.; VERNADAT, F. B.; ZELM, M. Means to enable Enterprise Interoperation: CIMOSA Object Capability Profiles and CIMOSA Collaboration View, **Proc. of the 19th World Congress of the IFAC**, Cape Town, South Africa, 2014.

KUMAR, S. A knowledge based reliability engineering approach to manage product safety and recalls. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 11, p. 5323-5339, 2014.

- LAHIRI, N.; NARAYANAN, S. Vertical integration, innovation, and alliance portfolio size: implications for firm performance. **Strategic Management Journal**, v. 34, p. 1042–1064, 2013.
- LAI, I. K. W.; TAM, S. K. T.; CHAN, M. F. S. Knowledge cloud system for network collaboration: A case study in medical service industry in China. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 15, p. 12205-12212, 2012.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- LAOSIRIHONGTHONG, T.; PRAJOGO, D. I.; ADEBANJO, D. The relationships between firm's strategy, resources and innovation performance: resources-based view perspective. **Production Planning & Control**, v. 25, n. 15, p. 1231-1246, 2014.
- LAPALME, J. et al. Exploring the future of enterprise architecture: A Zachman perspective. **Computers in Industry**, v. 79, p. 103–113, 2016.
- LAU, H. C. W. et al. Virtual agent modelling of an agile supply chain infrastructure. **Management Decision**, v. 41, n. 7, p. 625–634, 2003.
- LAZARTE, I. M. et al. A distributed repository for managing business process models in cross-organizational collaborations. **Computers in Industry**, v. 64, n. 3, p. 252-267, 2013.
- LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, v. 58, p. 431-440, 2015.
- LELAH, A. et al. Collaborative network with SMEs providing a backbone for urban PSS: a model and initial sustainability analysis. **Production Planning & Control**, v. 23, n. 4, p. 299-314, 2012.
- LEGNICK-HALL, C. A.; BECK, T. E.; LENGNICK-HALL, M. L. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. **Human Resource Management Review**, v. 21, n. 3, p. 243-255, 2011.
- LEUNG, R. C. Networks as sponges: International collaboration for developing nanomedicine in China. **Research Policy**, v. 42, n. 1, p. 211-219, 2013.
- LI, K.; DU, T. C. Building a boundary-spanning service for coopetition. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 22, p. 8413-8422, 2015.
- LIN, H. W. et al. Design of a Global Decision Support System for a manufacturing SME: Towards participating in Collaborative Manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 1, p. 1-12, 2012.
- LIOTTA, G.; KAIHARA, T.; STECCA, G. Optimization and Simulation of Collaborative Networks for Sustainable Production and Transportation. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 12, n. 1, p. 417-424, 2016.

LLORET, A. Modeling corporate sustainability strategy. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 2, p. 418-425, 2016.

LYONS, A. C. et al. The application of a knowledge-based reference framework to support the provision of requisite variety and customisation across collaborative networks. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2019-2033, 2013.

MA, J. et al. Analysis on patent collaborative patterns for emerging technologies: a case study of nano-enabled drug delivery. **International Journal of Technology Management**, v. 69, n. 3-4, p. 210-228, 2015.

MA, L.; SHI, Y.; ZHAO, W. Habitual domain exploration in inter-firm networks: A framework for understanding network behaviour. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 8, p. 1057-1070, 2012.

MACCARTHY, B. L.; JAYARATHNE, P. Sustainable collaborative supply networks in the international clothing industry: a comparative analysis of two retailers. **Production Planning & Control**, v. 23, n. 4, p. 252-268, 2012.

MACÍAS-ESCRIVÁ, F. D. et al. Self-adaptive systems: A survey of current approaches, research challenges and applications. **Expert Systems with Applications**, v. 40, p. 7267–7279, 2013.

MACKE, J. et al. Social capital in collaborative networks competitiveness: the case of the brazilian wine industry cluster. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 117-124, 2013.

MARIANO, E. B.; GUERRINI, F. M.; DO NASCIMENTO REBELATTO, D. A. Analysis of the relationship between structure and performance of inter-organizational collaborative networks. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 3, p. 471-479, 2012.

MARIN-GARCIA, J. A.; BONAVIA, T. Relationship between employee involvement and lean manufacturing and its effect on performance in a rigid continuous process industry. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 11, p. 3260–3275, 2015.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MAURICIO-MORENO, H. et al. Design S3-RF (Sustainable x Smart x Sensing - Reference Framework) for the Future Manufacturing Enterprise. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n.3, p. 58-63, 2015.

MAZZOLA, E.; BRUCCOLERI, M.; PERRONE, G. Open innovation and firms' performance: state of the art and empirical evidences from the bio-pharmaceutical industry. **International Journal of Technology Management**, v. 70, n. 2-3, p. 109-134, 2016.

MCCARTHY, D. R.; FLUCK, M. The concept of transparency in International Relations: towards a critical approach. **European Journal of International Relations**, v. 23, n. 2, p. 416–440, 2017.

MERTINS, K.; JOCHEM, R. Architectures, methods and tools for enterprise engineering. **International Journal of Production Economics**, v. 98, n. 2, p. 179-188, 2005.

MICHAELIDES, R. et al. Collaboration networks and collaboration tools: a match for SMEs? **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2034-2048, 2013.

MIGUEL, P. A. C. Adoção do estudo de caso na engenharia de produção. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MIGUEL, P. A. C.; SOUSA, R. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MING, Y.; GRABOT, B.; HOUE, R. A typology of the situations of cooperation in supply chains. **Computers & Industrial Engineering**, v. 67, p. 56-71, 2014.

MINGUELA-RATA, B.; FERNANDEZ-MENENDEZ, J.; FOSSAS-OLALLA, M. Cooperation with suppliers, firm size and product innovation. **Industrial Management & Data Systems**, v. 114, n. 3, p. 438-455, 2014.

MOGHADDAM, M.; NOF, S. Y. Combined demand and capacity sharing with best matching decisions in enterprise collaboration. **International Journal of Production Economics**, v. 148, p. 93-109, 2014.

MOGHADDAM, M.; NOF, S. Y. The collaborative factory of the future. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, n. 1, p. 23-43, 2015.

MOGHADDAM, M.; NOF, S. Y.; MENIPAZ, E. Design and administration of collaborative networked headquarters. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 23, p. 7074-7090, 2016.

MOISESCU, M. A.; SACALA, I. S. Towards the development of interoperable sensing systems for the future enterprise. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, p. 33-54, 2016.

MOON, L. A. Factors influencing health data sharing preferences of consumers: a critical review. **Health Policy and Technology**, v. 6, p. 169-187, 2017.

MSANJILA, S. S. On establishing trustworthy inter-organisational collaboration. **International Journal of Applied Systemic Studies**, v. 5, n. 1-2, p. 42-91, 2013.

MUSA, A. et al. Embedded devices for supply chain applications: Towards hardware integration of disparate technologies. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 1, p. 137-155, 2014.

MYLLÄRNIEMI, J. et al. The role of an intermediary organisation in collaboration: How can an intermediary enhance value co-creation? **International Journal of Applied Systemic Studies**, v. 5, n. 1-2, p. 3-21, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Visionary Manufacturing Challenges for 2020**. Washington, DC: The National Academies Press, 1998.

NOF, S. Y. et al. From plant and logistics control to multi-enterprise collaboration. **Annual Reviews in Control**, v. 30, n. 1, p. 55-68, 2006.

NORAN, O. Achieving a sustainable interoperability of standards. **Annual Reviews in Control**, v. 36, n. 2, p. 327-337, 2012.

NORAN, O. Collaborative disaster management: An interdisciplinary approach. **Computers in Industry**, v. 65, n. 6, p. 1032-1040, 2014.

NORAN, O. Collaborative networks in the tertiary education industry sector: A case study. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 29-40, 2013.

PÁDUA, S. I. D. Estudo sobre a aplicação do método de avaliação do modelo de processos de negócio do EKD. **Produção**, v. 22, n. 1, p. 155-172, 2012.

PÁDUA, S. I. D.; CAZARINI, E. W.; INAMASU, R. Y. Modelagem organizacional: captura dos requisitos organizacionais no desenvolvimento de sistemas de informação. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 2, p. 197-209, 2004.

PALTRICCIA, C.; TIACCI, L. Supplying networks in the healthcare sector A new outsourcing model for materials management. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 8, p. 1493-1519, 2016.

PANETTO, H.; JARDIM-GONCALVES, R.; MOLINA, A. Enterprise integration and networking: theory and practice. **Annual Reviews in Control**, v. 36, n. 2, p. 284-290, 2012.

PANETTO, H.; MOLINA, A. Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: trends and issues. **Computers in Industry**, v. 59, p. 641–646, 2008.

PENG, C.; MENG, Y. Empirical study of manufacturing enterprise collaboration network: Formation and characteristics. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 42, p. 49-62, 2016.

PEREIRA, C.; SOUSA, C.; SOARES, A. L. Supporting conceptualisation processes in collaborative networks: A case study on an R&D project. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 11, p. 1066-1086, 2013.

PROTOGEROU, A.; CALOGHIROU, Y.; SIOKAS, E. Twenty-five years of science-industry collaboration: The emergence and evolution of policy-driven research networks across Europe. **Journal of Technology Transfer**, v. 38, n. 6, p. 873-895, 2013.

QUETTI, C.; PIGNI, F.; CLERICI, A. Factors affecting RFID adoption in a vertical supply chain: the case of the silk industry in Italy. **Production Planning & Control**, v. 23, n. 4, p. 315-331, 2012.

RAHIMIFARD, A.; WESTON, R. The enhanced use of enterprise and simulation modelling techniques to support factory changeability. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 20, n. 4, p. 307-328, 2007.

RAYNA, T.; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 102, p. 214–224, 2016.

RENNA, P. Capacity investment decision by Monte Carlo approach in a cooperation network. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 21, p. 6455-6469, 2013a.

RENNA, P. Decision model to support the SMEs' decision to participate or leave a collaborative network. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 1973-1983, 2013b.

ROMERO, D.; VERNADAT, F. B. Enterprise information systems state of the art: past, present and future trends. **Computers in Industry**, v. 79, p. 3-13, 2016(a).

ROMERO, D.; VERNADAT, F. B. Future perspectives on next generation enterprise information systems. **Computers in Industry**, v. 79, p. 1-2, 2016(b).

RUNFOLA, A. et al. The use of qualitative case studies in top business and management journals: a quantitative analysis of recent patterns. **European Management Journal**, v. 35, n. 1, p. 116-127, 2017.

SABATIER, M.; CHOLLET, B. Is there a first mover advantage in science? Pioneering behavior and scientific production in nanotechnology. **Research Policy**, v. 46, n. 2, p. 522-533, 2017.

SAETTA, S.; TIACCI, L.; CAGNAZZO, L. The innovative model of the Virtual Development Office for collaborative networked enterprises: the GPT network case study. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 41-54, 2013.

SAFAR, M.; MAHDI, K.; JAMMAL, L. Cyclic entropy of collaborative complex networks. **IET Communications**, v. 6, n. 12, p. 1611-1617, 2012.

SAHA, T. K.; ZHANG, B.; HASAN, M. A. Name disambiguation from link data in a collaboration graph using temporal and topological features. **Social Network Analysis and Mining**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2015.

SANDKUHL, K. et al. **Enterprise modeling**: tackling business challenges with 4EM method. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.

SANTUCCI, G.; MARTINEZ, C.; VLAD-CÂLCIC, D. **The Sensing Enterprise**. In: FInES Workshop at FIA 2012. Aalborg, Denmark. 2012. Disponível em: <www.theinternetofthings.eu/sites/default/files/%5Buser-name%5D/Sensing-enterprise.pdf>, Acesso em: 5 jun. 2016.

SCHALTEGGER, S. S.; BECKMANN, M.; HANSEN, E. G. Transdisciplinarity in corporate sustainability: mapping the field. **Business Strategy and the Environment**, v. 22, p. 219-229, 2013.

SCHEER, A. W. ARIS toolset: a software product is born. **Information Systems**, v. 19, n. 8, p. 607-624, 1994.

SCHUH, G. et al. Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of Industrie 4.0. 2nd CIRP Robust Manufacturing Conference (RoMac 2014). **Procedia CIRP**, v. 19, p. 51-56, 2014.

SEURING, S.; GOLD, S. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544-555, 2012.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008.

SHANKAR, R. et al. A collaborative framework to minimise knowledge loss in new product development. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2049-2059, 2013.

SOCHAT, V. V. AuthorSynth: A collaboration network and behaviorally-based visualization tool of activation reports from the neuroscience literature. **Frontiers in Neuroinformatics**, v. 9, 2015.

SOLTAN, H.; MOSTAFA, S. Lean and agile performance framework for manufacturing enterprises. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 476-484, 2015.

SONCHACK, J.; AVIV, A. J.; SMITH, J. M. Cross-domain collaboration for improved IDS rule set selection. **Journal of Information Security and Applications**, v. 24-25, p. 25-40, 2015.

SPROCK, T.; MCGINNIS, L. F. A conceptual model for operational control in smart manufacturing systems. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1865-1869, 2015.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP** 40, p. 536 – 541, 2016.

STØRSETH, F.; TINMANN SVIK, R. K.; ØIEN, K. Building safety by resilient organization – a case specific approach. In: BRIS, R.; SOARES, C. G.; MARTORELL, S. (Eds.). **Reliability, risk, and safety: theory and applications**. London: Taylor & Francis, 2010.

SUNDMAEKER, H. et al. **Vision and challenges for realising the Internet of Things**. Bruxelles: European Commission - Information Society and Media, 2010.

SWARNKAR, R. et al. A framework for collaboration moderator services to support knowledge based collaboration. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 23, n. 5, p. 2003-2023, 2012.

TATICCHI, P. et al. A management framework for organisational networks: A case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 5, p. 593-614, 2012.

TAVANI, S. N. et al. An empirical study of firm's absorptive capacity dimensions, supplier involvement and new product development performance. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 11, p. 3385-3403, 2013.

TCHOUAKEU, L. M. N. et al. Humanitarian inter-organisational collaboration network: Investigating the impact of network structure and information and communication technology on organisation performance. **International Journal of Services, Technology and Management**, v. 19, n. 1-3, p. 19-42, 2013.

THIMM, H.; RASMUSSEN, K. B. Obtaining informedness in collaborative networks through automated information provisioning - a modelling framework and active database system approach. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 11, p. 1054-1065, 2013.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TRAPPEY, A. J. C. et al. Ontology-based neural network for patent knowledge management in design collaboration. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 1992-2005, 2013.

TRENTESAUX, D.; BORANGIU, T.; THOMAS, A. Emerging ICT concepts for smart, safe and sustainable industrial systems. **Computers in Industry**, v. 81, p. 1-10, 2016.

TRZCIELINSKI, S. The influence of Knowledge Based Economy on agility of enterprise. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 6615-6623, 2015.

TSAI, K. H.; HSU, T. T. Cross-functional collaboration, competitive intensity, knowledge integration mechanisms, and new product performance: a mediated moderation model. **Industrial Marketing Management**, v. 43, p. 293-303, 2014.

TU, Z.; ZACHAREWICZ, G.; CHEN, D. A federated approach to develop enterprise interoperability. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, n. 1, p. 11-31, 2016.

VALLEJO, C.; ROMERO, D.; MOLINA, A. Enterprise integration engineering reference framework and toolbox. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 6, p. 1489-1511, 2012.

VAN RIJNSOEVER, F. J.; WELLE, L.; BAKKER, S. Credibility and legitimacy in policy-driven innovation networks: resource dependencies and expectations in Dutch electric vehicle subsidies. **Journal of Technology Transfer**, v. 39, n. 4, p. 635-661, 2014.

VARGAS, A. et al. Towards the development of the framework for inter sensing enterprise architecture. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, p. 55-72, 2016.

VERNADAT, F. B. Enterprise modeling and integration (EMI): current status and research perspectives. **Annual Reviews in Control**, v. 26, n. 1, p. 15-25, 2002.

VERNADAT, F. B. **Enterprise Modeling and Integration: principles and applications**. London: Chapman and Hall, 1996.

VERNADAT, F. B. Enterprise Modeling in the context of enterprise engineering: state of the art and outlook. **International Journal of Production Management and Engineering**, v. 2, n. 2, p. 57-73, 2014.

VERNADAT, F. B. Technical, semantic and organizational issues of enterprise interoperability and networking. **Annual Reviews in Control**. v. 34, p. 139-144, 2010.

VEZA, I.; MLADINEO, M.; GJELDUM, N. Managing innovative production network of smart factories. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 555-560, 2015.

VILLANUEVA, E. Aproximaciones conceptuales a la idea de transparencia. In: MERINO, M. **Transparencia: libros, autores e ideas**. Ciudad de México: IFAI, 2011. p. 57-70.

VOLPENTESTA, A. P.; AMMIRATO, S. Alternative agrifood networks in a regional area: a case study. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 1-2, p. 55-66, 2013.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WANG, J. Knowledge creation in collaboration networks: Effects of tie configuration. **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 68-80, 2016.

WEICHHART, G. et al. Challenges and current developments for Sensing, Smart and Sustainable Enterprise Systems. **Computers in Industry**, v. 79, p. 34-46, 2016.

WEICHHART, G. Learning for sustainable organisational interoperability. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 47, n. 3, p. 4280-4285, 2014.

WELCH, E. W.; JHA, Y. Network and perceptual determinants of satisfaction among science and engineering faculty in US research universities. **Journal of Technology Transfer**, v. 41, n. 2, p. 290-328, 2016.

WILLIAMS, T. J. The Purdue Enterprise Reference Architecture. **Computers in Industry**, v. 24, p. 141-158, 1994.

WU, D.; TERPENNY, J.; SCHAEFER, D. Digital design and manufacturing on the cloud: a review of software and services. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 31, p. 104-118, 2017.

WU, X. L. et al. Global research trends in landslides during 1991-2014: a bibliometric analysis. **Landslides**, v. 12, n. 6, p. 1215-1226, 2015.

XIAO, Q. Node importance measure for scientific research collaboration from hypernetwork perspective. **Tehnicki Vjesnik**, v. 23, n. 2, p. 397-404, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YOUTIE, J. et al. Career-based influences on scientific recognition in the United States and Europe: Longitudinal evidence from curriculum vitae data. **Research Policy**, v. 42, n. 8, p. 1341-1355, 2013.

ZHANG, F. Q. et al. Modeling and analyzing of an enterprise collaboration network supported by service-oriented manufacturing. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture**, v. 226, n. B9, p. 1579-1593, 2012.

ZHANG, H. K. et al. Promoting efficient communications for high-speed railway using smart collaborative networking. **IEEE Wireless Communications**, v. 22, n. 6, p. 92-97, 2015.

ZHANG, Y. et al. Agent and Cyber-Physical System Based Self-Organizing and Self-Adaptive Intelligent Shopfloor. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 13, n. 2, p. 737-747, 2017.

ZHONG, H.; OZSOY, E.; NOF, S. Y. Co-Insights framework for collaborative decision support and tacit knowledge transfer. **Expert Systems with Applications**, v. 45, p. 85-96, 2016.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA

ROTEIRO DE ENTREVISTA REALIZADO COM O PROFISSIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Levantamento de campo sobre as características da colaboração no contexto de Empresas S³, visando investigar o impacto desse princípio na condução de futuras empresas digitais

1. DADOS DO ENTREVISTADO

Nome: _____

Tempo de empresa: _____

Cargo: _____

E-mail: _____

Telefone: (____) _____

2. DADOS DA EMPRESA

Nome da empresa: _____

Número médio de empregados: _____

Produto(s) principal(is): _____

3. COLABORAÇÃO ENTRE EMPRESAS DO GRUPO

- Há colaboração entre as empresas do Grupo? De que modo ocorre?
- Qual sistema de informação é utilizado para troca de informações entre as empresas?
Há compatibilidade tecnológica?
- A empresa utiliza indicadores de desempenho para medir a efetividade da integração?
- Qual a importância da colaboração no Grupo?
- Fatores que motivam a colaboração entre as empresas. Assinale os fatores a seguir conforme sua opinião.

Quadro 4 – Motivadores (roteiro de entrevista)

	1.Não se aplica	2.Pouco motivador	3.Moderadamente motivador	4.Muito motivador
Compartilhamento de informações/conhecimento	☐	☐	☐	☐
Compartilhamento de recursos e competências	☐	☐	☐	☐
Compartilhamento de riscos e benefícios	☐	☐	☐	☐
Demanda crescente por variedade de produtos e customização	☐	☐	☐	☐
Dinamicidade e competitividade do mercado	☐	☐	☐	☐
Exploração e captação de novas oportunidades de negócios	☐	☐	☐	☐
Inovação	☐	☐	☐	☐
Melhoria do desempenho dos negócios	☐	☐	☐	☐
Rápido avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs)	☐	☐	☐	☐
Redução de custos	☐	☐	☐	☐
Sustentabilidade ambiental	☐	☐	☐	☐
Sustentabilidade econômica, ambiental e social	☐	☐	☐	☐

- Fatores considerados desafios para a colaboração entre empresas. Assinale os fatores a seguir conforme sua opinião:

Quadro 5 – Desafios (roteiro de entrevista)

	1.Não se aplica	2. Não considero um desafio	3.Desafio moderado	4.Bastante desafiador
O desenvolvimento de confiança entre os parceiros da rede colaborativa	☐	☐	☐	☐
A interoperabilidade dos sistemas de informação dos parceiros envolvidos nas redes colaborativas	☐	☐	☐	☐
A etapa de selecionar os parceiros colaborativos	☐	☐	☐	☐
O alinhamento e definição clara de estratégias e objetivos entre os parceiros da rede	☐	☐	☐	☐
A garantia da segurança dos dados e informações compartilhados pela internet ou outro sistema informacional	☐	☐	☐	☐

4. MODELO DE OBJETIVOS

- Quais são as estratégias da empresa em termos de inovação tecnológica?
- Existem políticas estabelecidas na empresa que possam influenciar as estratégias?
- Quais as principais barreiras na adoção de novas tecnologias?

Quadro 6 – Barreiras (roteiro de entrevista)

Barreiras internas	
Alto custo de implantação das tecnologias	☐
Falta de clareza na definição do retorno sobre o investimento	☐
Estrutura e cultura da empresa	☐
Dificuldade para integrar novas tecnologias e <i>softwares</i>	☐
Infraestrutura de TI inapropriada	☐
Risco para segurança da informação	☐
Barreiras externas	
Falta de trabalhador qualificado	☐
Infraestrutura de telecomunicação do país insuficiente	☐
Dificuldade para identificar tecnologias e parceiros	☐
Ausência de linhas de financiamento apropriadas	☐
O mercado ainda não está preparado	☐
Falta de normalização técnica	☐
Regulação inadequada	☐

Fonte: Adaptado de Confederação Nacional das Indústrias (2016)

5. MODELO DE REGRAS DE NEGÓCIOS

- Existem regras e políticas estabelecidas dentro da empresa que possam influenciar o alcance dos objetivos?
- Como se confirma que uma regra estabelecida foi aplicada? Existem indicadores?
- Existe alguma regra estabelecida para o relacionamento entre as empresas do grupo?
- Qual(is) das tecnologias listadas abaixo a empresa já adota?

Quadro 7 – Tecnologias (roteiro de entrevista)

Estágio/Foco	Tecnologias	Utiliza?
Processo	Automação digital sem sensores	☐
	Automação digital com sensores para controle de processo	☐
	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA (1)	☐
	Automação digital com sensores com identificação de produtos e condições operacionais, linhas flexíveis	☐
Desenvolvimento/ redução <i>time to market</i>	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos	☐
	Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D	☐
	Simulações/análise de modelos virtuais (Elementos Finitos, Fluidodinâmica Computacional, etc.) para projeto e comissionamento	☐
Produto/novos modelos de negócios	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados (<i>big data</i>)	☐
	Utilização de serviços em nuvem associados ao produto	☐
	Incorporação de serviços digitais nos produtos (“Internet das Coisas” ou <i>Product Service Systems</i>)	☐
Projetos de manufatura por computador CAD/CAM (2) (3)		☐
Nenhuma das listadas		☐
Outras		Qual(is)?

(1) MES – Manufacturing Execution Systems; SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition.

(2) CAD – Computer-Aided Design; CAM – Computer-Aided Manufacturing.

(3) A opção “Projetos de manufatura por computador CAD/CAM”, isto é, licenças de softwares utilizadas nas etapas de desenvolvimento e de fabricação, não se enquadra como tecnologia digital, apesar de significar maior automação da manufatura. Sua inclusão entre as opções de resposta se deu para deixar mais clara a diferença com “Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura de produtos”.

Fonte: Confederação Nacional das Indústrias (2016)

6. MODELO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS

- Quais são os principais processos de negócios que envolvem a colaboração entre as empresas? Por que eles são necessários?

Quadro 8 – Processos colaborativos (roteiro de entrevista)

Estratégico	Tático	Operacional
Projeto de mecanismos de coordenação	Negociação de contratos	Gestão de troca de informações
Projeto de sistema de tomada de decisão	Gestão de mecanismos de coordenação	Interoperabilidade
Projeto de rede	Previsão de demanda	Gestão de inventários
Coordenação e integração de parceiros	Gestão do conhecimento	Dimensionamento de lotes
Seleção de parceiros	Planejamento da operação	Ordem de processos
Projeto de sistema de medição de desempenho	Gestão/medição de desempenho	Conexão de processos
Projeto do produto	Reabastecimento	Programação da produção
Alinhamento estratégico	Compartilhamento de custos e lucros	
	Gestão de incertezas	

Fonte: Andres e Poler (2016)

7. MODELO DE ATORES E RECURSOS

- Quem são os envolvidos nos processos identificados acima?
- Quais são seus papéis?
- Que recursos esses atores possuem?

8. MODELO DE COMPONENTES E REQUISITOS TÉCNICOS

- Quais restrições e padrões existem em relação à comunicação com sistemas existentes ou *hardwares* existentes?
- Quais são os requisitos importantes em relação aos requisitos não funcionais (segurança, disponibilidade, desempenho, interface..)?
- Quais restrições econômicas, pessoais, políticas ou outras existem? Existem restrições legais para o desenvolvimento do sistema?
- Quais sistemas de informação são usados atualmente para apoiar os processos de negócios?

9. SENSING, SMART AND SUSTAINABLE ENTERPRISE

- Você considera a empresa sustentável (social, econômica e ambientalmente)? Por que?
- Existem programas sociais? Programas ambientais?
- Em relação ao investimento em tecnologia e investimento em qualificação de funcionários, como a empresa trata?
- Você considera que a empresa está na direção da Empresa S³?

ANEXO A – FORMALISMOS DA METODOLOGIA 4EM

Figura 13 – Notação do Modelo de objetivos da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

Figura 14 – Notação do Modelo de regras de negócios da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

Figura 15 – Notação do Modelo de conceitos da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

Figura 16 – Notação do Modelo de processos de negócios da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

Figura 17 – Notação do Modelo de atores e recursos da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

Figura 18 – Notação do Modelo de componentes e requisitos técnicos da 4EM

Fonte: Adaptado de Sandkuhl et al. (2014)

ANEXO B – QUESTÕES-GUIA DA METODOLOGIA 4EM

Quadro 9 – Questões-guia Modelo de objetivos

QUESTÕES
Quais são as estratégias desta parte da empresa?
Existem políticas estabelecidas na empresa que possam influenciar esse modelo?
Quais convenções, regras, regulamentos e leis são relevantes?
O que você gostaria de alcançar?
Tendo um objetivo específico, como podemos tornar este objetivo mais específico, mais relevante para o nosso projeto/empresa?
Há algum problema particular dificultando isso?
Esse problema está relacionado a um objetivo específico?
Qual é a causa desse problema?
Como esse problema pode ser eliminado?
Há alguma oportunidade particular que se poderia alcançar?
Que medidas poderiam ser tomadas para melhorar a situação?
Como esse objetivo pode ser alcançado? Esse objetivo pode ser definido em termos operacionais, identificando uma série de sub-metas de apoio?
Por quê e como?

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)

Quadro 10 – Questões-guia Modelo de regras de negócio

QUESTÕES
Existem regras e políticas estabelecidas dentro da empresa que possam influenciar esse modelo?
Por quais regras os objetivos da empresa podem ser atingidos?
Uma regra se relaciona com um objetivo particular?
Como essa regra pode ser decomposta em regras mais simples? Como esta regra pode ser definida de forma operacional?
Como a empresa pode estar em conformidade com a especificação da regra? Como você confirma que uma regra é aplicada?
Que processo aciona essa regra?
Quem é responsável por esta regra?

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)

Quadro 11 – Questões-guia Modelo de processos de negócio

QUESTÕES
Quais são os principais processos das empresas?
Como esses processos estão relacionados?
Por que esse processo é necessário?
Que informações e fluxos de material são necessários? De quais processos eles vêm? Que informações e fluxos materiais produz? Quais processos os usam?
Os conjuntos de informações e materiais estão representados no Modelo de Conceitos?
Há situações que "criam" ou "destroem" essas informações ou conjuntos de materiais refletidos em algum lugar no Modelo de Processos de Negócios?
Que regras desencadeiam esse processo?
Que atores são responsáveis por realizar e apoiar este processo?

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)

Quadro 12 – Questões-guia Modelo de atores e recursos

QUESTÕES
Quais são os principais atores desta aplicação?
Como esses atores estão relacionados?
Por que esse ator é necessário? Que recursos este ator possui e por quê? Para qual recurso esse ator é responsável?
Qual é o seu propósito? Para qual processo esse ator é responsável? Que processos esse ator realiza? Quais objetivos são definidos por esse ator? Quais regras de negócios são definidas por esse ator? Para quais regras de negócios este ator é responsável?

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)

Quadro 13 – Questões-guia Modelo de componentes e requisitos técnicos

QUESTÕES
Quais restrições e padrões existem em relação à comunicação com sistemas existentes ou <i>hardware</i> existente?
Quais são os requisitos importantes em relação aos requisitos não funcionais tipo X onde X pode ser e. Segurança, disponibilidade ou desempenho, etc.?
Quais restrições existem no que diz respeito ao <i>software</i> existente ou aos sistemas de programação que serão utilizados?
Quais restrições econômicas, pessoais, políticas ou outras existem? Existem restrições legais para o desenvolvimento do sistema?
Esse requisito (ou o sistema de informação) pode ser refinado mais claramente (talvez decomposto) de uma forma que possa ser medido ou verificado? Considerando esse objetivo/processo/regra, quais requisitos de sistemas de informação o suportariam?
Quais SIs ou componentes de TI são usados atualmente para suportar os processos de negócios?

Quadro 14 – Questões-guia Modelo de conceitos

QUESTÕES
Quais são os principais conceitos envolvidos?
Como esses conceitos se relacionam?
Por que esses conceitos são necessários?
O que precisamos saber sobre o conceito? Quando e onde precisamos disso (com referência ao Modelo de Processos de Negócios)?
Quantas instâncias deste conceito existem?
Como uma instância desse conceito surgiu? O que faz surgir uma instância desse conceito? O que faz com que uma instância deixe de existir? Como uma instância deixa de existir? As situações acima são refletidas no Modelo de Processos de Negócios?
Um tipo de conceito é genericamente relacionado a algum outro tipo?

Fonte: Sandkuhl et al. (2014)