UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MURILO NEVES MOURARIAS

Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal

São Carlos
2021

MURILO NEVES MOURARIAS

Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento

Orientador: Prof. Dr. Mateus Cecílio Gerolamo

Coorientador: Prof. Dr. Júlio Cezar Estrella

São Carlos
2021

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.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Neves Mourarias, Murilo
N929f Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal / Murilo Neves Mourarias; orientador Mateus Cecílio Gerolamo; coorientador Júlio Cézar Estrella. São Carlos, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Economia, Organizações e Gestão do Conhecimento -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Agricultura 4.0. 2. Tecnologias 4.0. 3. PME. 4. QFD. 5. BPM. 6. Queijo. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MURILO NEVES MOURARIAS**.

Título da dissertação: "Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal".

Data da defesa: 02/12/2021

Comissão Julgadora	**Resultado**
Prof. Associado **Mateus Cecilio Gerolamo** (Orientador) (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC-USP)	APROVADO
Prof. Dr. **Domingos Sárvio Magalhães Valente** (Universidade Federal de Viçosa/UFV-MG)	APROVADO
Profa. Dra. **Catarina Barbosa Careta** (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ-USP)	APROVADO

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

Profa. Dra. **Janaina Mascarenhas Hornos da Costa**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades e por me mostrar o caminho.

A minha família por sempre me apoiar e orientar.

Ao professor orientador, Dr. Mateus Cecílio Gerolamo, pela oportunidade, orientação, ensinamentos, zelo e contribuição nesta pesquisa e em outras iniciativas correlatas.

Ao professor coorientador, Dr. Júlio Cézar Estrella, e aos professores que compõem esta banca de examinação pela disposição em avaliarem esta pesquisa e oferecer contribuições.

Aos amigos e colegas do programa de pós-graduação e grupo de pesquisa pela convivência e pelo compartilhamento de conhecimento.

Ao microempresário e pequeno produtor rural pela disponibilidade em contribuir com essa pesquisa através da participação no estudo de caso.

Ao professor Dr. Fredy Valente por indicar o pequeno produtor rural para a participação no estudo de caso.

A Universidade de São Paulo, a Escola de Engenharia de São Carlos e a Secretária de Engenharia de Produção pela infraestrutura de pesquisa e pelo suporte às atividades do mestrado.

E ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo financiamento deste trabalho.

Porque não?!

Autor desconhecido

RESUMO

MOURARIAS, Murilo Neves. **Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2021.

Na indústria, a enorme variedade e quantidade de dados gerados por dispositivos conectados à internet possibilita a compreensão detalhada e em tempo real do que acontece no chão de fábrica, dando origem às *Smart Factories* (fábricas inteligentes). Na agricultura, sensores e robôs podem realizar o monitoramento e o manejo da lavoura sem que o homem precise ir ao campo, dando origem, por sua vez, às *Smart Farms* (fazendas inteligentes). Ambas as situações descritas fazem parte da chamada Indústria 4.0 e da Agricultura 4.0, respectivamente, oriundas da Quarta Revolução Industrial, que é marcada pela melhoria de inúmeras tecnologias e seu uso em diversos setores da sociedade. Com o objetivo de aproveitar as oportunidades geradas por essa nova revolução, inúmeros países têm se mobilizado e lançado programas para a modernização de suas indústrias e serviços, inclusive o Brasil, com o lançamento do Plano de Manufatura Avançada em 2017. Diante disso, a fim de contribuir para que as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) brasileiras não fiquem de fora dessa revolução, esta pesquisa procurou compreender como facilitar a implementação das *Smart Farms* (SF) considerando as dificuldades que as PMEs possuem. Para isso, optou-se pelo desenvolvimento de uma ferramenta que pudesse recomendar tecnologias 4.0 que fossem aderentes ao contexto e as necessidades das PMEs brasileiras do setor agropecuário, a partir de uma ferramenta já conhecida da literatura, o QFD - *Quality Fuction Deployment*. Em seguida, realizou-se um estudo de caso em um processo de produção de queijo artesanal de um pequeno produto rural do Vale do Paraíba – São Paulo/SP, a fim de exemplificar o uso da ferramenta desenvolvida e obter sugestões de melhorias. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a ferramenta desenvolvida conseguiu cumprir o seu objetivo de recomendar tecnologias 4.0, necessitando, contudo, de um especialista na área tecnológica para auxílio no preenchimento. Por fim, espera-se contribuir para que as PMEs brasileiras possam ter um direcionamento de como iniciar essa revolução tecnológica 4.0 nos seus negócios.

Palavras-chave: Agricultura 4.0. Tecnologias 4.0. PME. QFD. BPM. Queijo.

ABSTRACT

MOURARIAS, M. N. **Technologies 4.0 recommendation tool: an application case in artisanal cheese production.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2021.

In industry, the huge variety and amount of data generated by devices connected to the internet allows to a detailed and real-time understanding of what happens on the industrial floor, giving rise to smart factories. In agriculture, sensors and robots can monitor and manage crops without the need for man to go to the field, giving rise, in turn, to smart farms. Both situations described are part of the so-called Industry 4.0 and Agriculture 4.0, respectively, originating from the Fourth Industrial Revolution, which is marked by the improvement of numerous technologies and their use in various sectors of society. In order to take advantage of the opportunities generated by this new revolution, some countries have mobilized and launched programs for the modernization of their industries and services, including Brazil, with the launch of the Advanced Manufacturing Plan in 2017. To contribute for small and medium-sized companies (SMEs) in Brazil are not left out of this revolution, this research seeks to understand how to facilitate the design of Smart Farms (SFs) considering the difficulties that SMEs have. For this, it was decided to develop a tool that can recommend technologies 4.0 that adhere to the context and as a need of Brazilian SMEs in the agricultural sector, based on a tool already known in the literature, the QFD - Quality Fuction Deployment. Then, a case study is carried out in a process of artisanal cheese production of a small rural product in Vale do Paraiba - São Paulo / SP, in order to exemplify the use of the developed tool and obtain suggestions for improvement. From the results obtained, it was verified that the developed tool was able to fulfill its objective of offering 4.0 technologies, requiring, however, a specialist in the technological area to help with its completion. Finally, it is expected to contribute so that Brazilian SMEs can have a direction on how to start this 4.0 technological revolution in their businesses.

Keywords: Agriculture 4.0. Technologies 4.0. SMEs. QFD. BPM. Cheese.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão Geral da Pesquisa 27
Figura 2 – O que é o Agronegócio? 31
Figura 3 – Estrutura do Trabalho 34
Figura 4 – As Revoluções Industriais da 1.0 à 4.0 36
Figura 5 – A convergência entre os mundos digital, físico e o biológico. 38
Figura 6 - O interesse pelos termos relativos a Indústria 4.0 ao redor do mundo 41
Figura 7 - O interesse pelos termos gerais relativos a Indústria 4.0 ao redor do mundo 42
Figura 8 – As relações entre CPS, IoT, IIoT, Internet Industrial e Indústria 4.0 46
Figura 9 – As Revoluções no campo da 1.0 à 4.0 47
Figura 10 – Um exemplo de *Smart Farm* 49
Figura 11 - O interesse pelos termos relativos a Agricultura 4.0 ao redor do mundo 50
Figura 12 - O interesse pelos termos gerais relativos a Agricultura 4.0 ao redor do mundo ... 51
Figura 13 – Metodologia da Pesquisa 59
Figura 14 – Visão Geral da Fase A - RBS 60
Figura 15 – Visão Geral da Fase B – Desenvolvimento da Ferramenta 61
Figura 16 – As unidades básicas do QFD 63
Figura 17 – Visão Geral do QFD das 4 Fases 64
Figura 18 – O contexto de uso da ferramenta proposta dentro do BPM 65
Figura 19 – Exemplo de processo utilizando a notação BPMN 69
Figura 20 – Comparação entre o QFD das 4 Fases e o QFD proposto 70
Figura 21 – Etapas de um Estudo de Caso 71
Figura 22 – Visão Geral dos Resultados 73
Figura 23 – Visão Geral da RBS sobre *Smart farms* 75
Figura 24 – Visão Geral do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0 80
Figura 25 – Matriz 1 do QFD proposto 83
Figura 26 – Matriz 2 do QFD proposto 85
Figura 27 – Matriz 3 do QFD proposto 86
Figura 28 – Fotos de queijos feitos pelo produtor rural 88
Figura 29 – Principais símbolos do BPMN utilizados 91
Figura 30 – Mapa do Processo 1 (produtos A, B, C e D) 92

Figura 31 – Mapa do Processo 2 (produto E) 93
Figura 32 – Visão Geral da Matriz 1 (Planejamento de Tecnologias)..... 96
Figura 33 – Parte B da Matriz 1 preenchida 97
Figura 34 – Parte C da Matriz 1 preenchida 98
Figura 35 – Partes D e E da Matriz 1 preenchida 100
Figura 36 – Resultado da Matriz 1 (Planejamento das Tecnologias) 101
Figura 37 – Avaliação dos Desperdícios das Etapas dos Processos 102
Figura 38 – Avaliação da aplicabilidade das Tecnologias nos Processos..... 103
Figura 39 – Resultado da Matriz 2 (Planejamento de Processos)..... 104
Figura 40 – Resultado da Matriz 3 (Planejamento de Produção) 105
Figura 41 – Visão Geral da Fase A - RBS 125
Figura 42 – Procedimento Iterativo de uma RBS 126
Figura 43 – QRCODE do Site da Pesquisa..... 143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – O interesse pelos termos relativos a Indústria 4.0 ao longo do tempo 40
Gráfico 2 – O interesse pelos termos relativos a Agricultura 4.0 ao longo do tempo 50
Gráfico 3 – A evolução ao longo dos anos do número de publicações sobre *Smart Farms* 76
Gráfico 4 – Nº de *papers* encontrados para cada Tecnologia 4.0 identificada 79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista de trabalhos acadêmicos relacionados a temática da pesquisa 29
Quadro 2 – Número de publicações relativas aos termos da Indústria 4.0 por país 39
Quadro 3 – As barreiras e dificuldades das PMEs em iniciativas de mudança 56
Quadro 4 – Adaptações realizadas no QFD das 4 fases 66
Quadro 5 – Os 8 roteiros para a aplicação da ferramenta proposta 68
Quadro 6 – Os critérios de exclusão e inclusão dos papers 126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – A classificação das PMEs no Brasil 52
Tabela 2 – A representatividade das PMEs no Brasil 53
Tabela 3 – A classificação das propriedades rurais no Brasil 53
Tabela 4 – Os termos e operadores de busca da RBS (*Smart Farms*)..... 74
Tabela 5 – Os periódicos dos papers selecionados (*Smart Farms*) 76
Tabela 6 – As palavras-chave dos *papers* selecionados (*Smart Farms*) 77
Tabela 7 – As Tecnologias 4.0 encontradas nos *papers* sobre *Smart Farms* (RBS)..... 78
Tabela 8 – As atividades para a preenchimento do QFD proposto 81
Tabela 9 – Cronograma do Estudo de Caso 88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM	–	*Business Process Management*
BPMN	–	*Business Process Modeling Notation*
CPS	–	*Cyber-physical System*
EPP	–	Empresa de Pequeno Porte
I4.0	–	Indústria 4.0
IIoT	–	*Industrial Internet of Things*
IoT	–	*Internet of Things*
MPE	–	Micro e Pequenas Empresas
PMEs	–	Pequenas e Médias Empresas
QD	–	Desdobramento da Qualidade
QFD	–	*Quality Fuction Deployment*
QFDr	–	Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito
RBS	–	Revisão Bibliográfica Sistemática
RFID	–	*Radio Frequency Identification*
SF	–	*Smart Farm*
SFs	–	*Smart Farms*
T4.0	–	Tecnologias 4.0
TIC	–	Tecnologias de Informação e Comunicação
TQC	–	Controle da Qualidade Total

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 25
1.1 Contextualização 25
1.2 Objetivo da pesquisa 27
1.2.1 Objetivo Geral 27
1.2.2 Objetivos Específicos 28
1.3 Justificativa e Contribuição da Pesquisa 28
1.4 Escopo da Pesquisa 30
1.5 Aspectos Metodológicos 32
1.6 Estrutura do Trabalho 33
2 REFERENCIAL TEÓRICO 35
2.1 A Revolução 4.0 35
2.2 As Tecnologias 4.0 43
2.3 A Agricultura 4.0 46
2.4 As Pequenas e Médias Empresas no Brasil 52
2.5 As Barreiras e as Dificuldades das PMEs no Brasil 55
3 METODOLOGIA 59
3.1 Visão Geral da Metodologia 59
3.2 Fase A – Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) 60
3.3 Fase B – Desenvolvimento da Ferramenta 61
3.3.1 Parte 1 – Escolha e Adaptação de uma Ferramenta 62
3.3.2 Parte 2 – Estudo de Caso 70
4 RESULTADOS 73
4.1 Visão Geral dos Resultados 73
4.2 Resultados da Fase A - As Tecnologias 4.0 das *Smart Farms* (RBS) 73
4.2.1 Visão Geral da RBS (Tecnologias 4.0 das *Smart Farms*) 74
4.2.2 As Tecnologias 4.0 identificadas nas *Smart Farms* (RBS) 77
4.3 Resultados da Fase B – Parte 1: Ferramenta para Recomendação de Tecnologias 4.0 para PMEs 80
4.3.1 Visão Geral da Ferramenta 80
4.3.2 Atividades para o preenchimento da Ferramenta 81

4.4 Resultados da Fase B – Parte 2: Estudo de Caso em uma Produção de Queijo..... 87
4.4.1 Contexto do Estudo de Caso 87
4.4.2 Aplicação da Ferramenta 88
4.4.3 Resultados Obtidos 91
4.4.4 Feedback e Lições Aprendidas 106
5 DISCUSSÃO 107
6 CONCLUSÃO 111
6.1 Visão Geral do Trabalho 111
6.2 Limitações do Trabalho 112
6.3 Recomendações para Trabalhos Futuros..... 113
REFERÊNCIAS 115
APÊNDICE A – Etapas da RBS 125
APÊNDICE B – Lista de Papers Incluídos e Excluídos da RBS 128
APÊNDICE C – Modelo Conceitual do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0 129
APÊNDICE D – Visão Geral do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0..... 130
APÊNDICE E – Matriz 1 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0 131
APÊNDICE F – Matriz 2 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0..... 132
APÊNDICE G – Matriz 3 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0 133
APÊNDICE H – Tabela Auxiliar – Requisitos das Tecnologias 4.0 134
APÊNDICE I – Roteiros para Aplicação do QFD 135
APÊNDICE J – Site da Pesquisa 143
APÊNDICE K – Termo de Abertura de Projeto 144
APÊNDICE L – Termo de Sigilo e Confidencialidade 145
APÊNDICE M – Termo de Consentimento para Uso de Dados Pessoais..... 146

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O mundo está passando pela sua quarta revolução industrial, que dá origem ao fenômeno Indústria 4.0 (AAZAM; ZEADALLY; HARRAS, 2018). Não se restringindo apenas ao setor industrial, mas se aplicando a todas as atividades que decorre do esforço humano (SCHWAB; DAVIS, 2018). Nesta revolução, as organizações adotam tecnologias como a de manufatura aditiva, RFID (*Radio Frequency Identification*/ Identificação por Radiofrequência), *big data*, *cloud computing*, IoT *(Internet of Things/* Internet das Coisas), IIoT (*Industrial Internet of Things*/ Internet Industrial das Coisas), CPS (*cyber-physical system* /sistemas ciberfísicos), Inteligência Artificial, entre outras (CHEN et al., 2017; LI et al., 2017; PERERA et al., 2015), para conceber um ambiente que seja interoperacional, descentralizado, ágil, orientado à serviços, virtualizado, gerenciado a partir de dados e que integre os processos produtivos com os de negócios (USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018).

Em particular para as fábricas, esta revolução possibilita a implementação das fábricas inteligentes (*smart factories*), uma vez que torna possível a implementação de sistemas autônomos e inteligentes, a partir da grande quantidade de dados disponíveis (WANG et al., 2016). No campo, esta revolução possibilita a implementação das fazendas inteligentes (*smart farms*), no qual sensores e robôs realizam o monitoramento e o manejo das lavouras sem que o homem precise ir ao campo (FOUNTAS et al., 2020).

Nesse contexto, para apenas uma das tecnologias associadas a essa revolução, a IoT, por exemplo, estima-se que o mundo atingirá cerca de 20 bilhões de dispositivos IoT conectados em 2020 (GARTNER RESEARCH FORECASTS, 2017). Até 2025, o segmento IoT gerará valor para o mercado internacional de U$ 11 trilhões de dólares (MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2015). No Brasil, o impacto potencial do IoT pode alcançar de US$ 50 a 200 bilhões por ano (RELATÓRIO INTERNET DAS COISAS: UM PLANO DE AÇÃO PARA O BRASIL, 2018), sendo IoT apenas uma das tecnologias 4.0.

Diante disso, para aproveitar as oportunidades geradas por essa revolução, alguns países têm se mobilizado lançando programas para a modernização de suas indústrias em diversos segmentos como: o Plano Estratégia Indústria 4.0 na Alemanha, a Estratégia Internet Industrial

nos Estados Unidos, o Livro Branco de Fabricação do Ano 2014 no Japão e o Plano *Made in China 2025* proposta pela China (XU; HUA, 2017), inclusive o Brasil, com o lançamento do Plano de Manufatura Avançada pelo o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em 2017. Em linha com o Plano de Manufatura Avançada, houve também a publicação do estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil" com foco em uma das Tecnologias 4.0, a Internet das Coisas (IoT). Esse estudo apontou os segmentos industrial e o rural como sendo os dois segmentos, dos quatros selecionados[1], que deverão ser priorizados pelo Brasil para aproveitar as oportunidades geradas pela quarta revolução industrial (RELATÓRIO INTERNET DAS COISAS: UM PLANO DE AÇÃO PARA O BRASIL, 2018).

No entanto, apesar do mercado mundial projetar perspectivas bastante positivas, diversos desafios tecnológicos e sociais são encontrados nessa nova revolução, como a questão do gerenciamento de energia, segurança e privacidade, latência dos dados, falta de interoperabilidade entre sistemas, qualificação profissional, competição desleal, entre outros (CHEN et al., 2017; LI et al., 2017; PERERA et al., 2015).

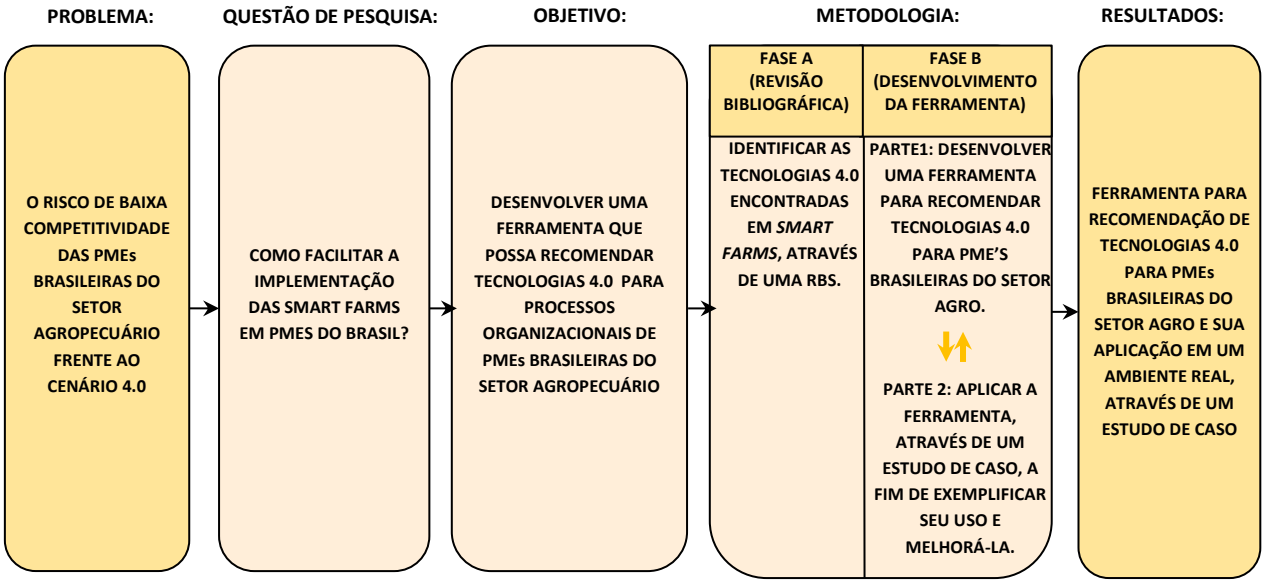
Nesse sentido, para alguns tipos de empresas pode ser ainda mais difícil aproveitar essa revolução. Segundo Ignaldi e Ulewicz (2020), por exemplo, as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) podem possuir dificuldades para participar da Quarta Revolução Industrial, devido, entre outras coisas, ao estreito portfólio de produtos que elas possuem - que não garante o uso eficiente dos sistemas automatizados e autônomos – o alto valor para adquirir as tecnologias e, por fim, a turbulência do ambiente de negócios inerente às PMEs. Além disso, segundo Zambon et al. (2019), casos de sucesso relacionados à Quarta Revolução Industrial se desenvolveram mais na Indústria do que na Agricultura, necessitando da criação de uma nova abordagem voltada a realidade do agricultor.

Diante disso, a fim de auxiliar as PMEs, especialmente as do setor agropecuário, a se modernizarem e aproveitarem as oportunidades geradas pela Quarta Revolução Industrial, a questão que orientou esta pesquisa foi: **Como facilitar a implementação das *Smart Farms* em PMEs brasileiras?** Para isso, pretendeu-se responder essa questão de pesquisa a partir do desenvolvimento de uma ferramenta que recomenda tecnologias 4.0 para processos organizacionais de PMEs brasileiras do setor agropecuário, a partir da adaptação de uma ferramenta já conhecida da literatura, o QFD – Quality Fuction Deployment, que pudesse recomendar as tecnologias 4.0, uma vez que a mesma desdobra as necessidades do cliente em

[1] Os quatros segmentos selecionados pelo estudo foram: cidades, saúde, indústria e rural.

especificações técnicas para um produto, através de um conjunto de operações que priorizam os requisitos dos clientes e as características do produto mais valiosos em detrimento de outros menos valiosos. Ao final, realizou-se um estudo de caso em um processo de produção de queijo de um pequeno produtor rural do Vale do Paraíba – São Paulo/SP, a fim de exemplificar o uso da ferramenta desenvolvida e obter melhorias. Como resultado desta pesquisa, espera-se contribuir para que as PMEs, em especial para aquelas situadas no campo, também façam parte dessa grande revolução tecnológica. Na Figura 1, tem-se uma visão geral desta pesquisa.

Figura 1 – Visão Geral da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor.

1.2 Objetivo da pesquisa

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta que pudesse recomendar tecnologias 4.0 para processos organizacionais (gerenciais, de produção, de apoio, etc) de PMEs brasileiras do setor agropecuário, a fim de facilitar a implementação de ambientes inteligentes, como as *Smart Farms*, por elas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

1. Identificar as tecnologias 4.0 encontradas em fazendas inteligentes (*smart farms*), através de uma revisão bibliográfica sistemática;
2. Desenvolver uma ferramenta que recomendasse tecnologias 4.0 para processos organizacionais de PMEs do setor agropecuário, considerando o contexto e as dificuldades enfrentadas por esse tipo de organização;
3. Aplicar a ferramenta desenvolvida em uma PME brasileira do setor agropecuário, através de um estudo de caso, a fim de exemplificar seu uso e obter sugestões de melhorias.

Em resumo, neste trabalho, uma ferramenta foi desenvolvida para poder ser capaz de recomendar tecnologias para PMEs do setor agropecuário, considerando as necessidades dos seus processos organizacionais, no qual, as tecnologias 4.0 poderiam desempenhar um papel importante. Por fim, para exemplificar o uso da ferramenta desenvolvida e obter sugestões de melhorias, aplicou-se a ferramenta em um processo de produção de queijo artesanal de um pequeno produtor rural da região do Vale do Paraíba em São Paulo no Brasil.

1.3 Justificativa e Contribuição da Pesquisa

Uma ferramenta que possa recomendar tecnologias 4.0 para o negócio de uma PME brasileira do setor agro ainda não é encontrada na literatura. Embora, existam alguns trabalhos acadêmicos que tenham explorados temáticas relacionadas ao assunto desta pesquisa, nenhum trata diretamente da questão de pesquisa deste trabalho: **Como facilitar a implementação das *Smart Farms* em PMEs brasileiras?** conforme pode ser observado no Quadro 1.

Quadro 1 – Lista de trabalhos acadêmicos relacionados a temática da pesquisa

Tipo do Trabalho	Título do Trabalho	Escopo do Trabalho	Agricultura 4.0/ *Smart farms*	PMEs	Brasil
Livros no Brasil	Agricultura Digital (QUEIROZ et al., 2020)	Aborda a nova revolução agrícola, apresentando as principais tecnologias e componentes envolvidos nessa revolução	✓	-	-
Teses e Dissertações do Brasil[2]	Smart Farming: Concepts, Applications, Adoption And Diffusion In Southern Brazil (Dieisson Pivoto, 2018)	Analisa o processo de inovação no contexto das SF, desde a produção do conhecimento científico até a fase de difusão dessas tecnologias na agricultura, tendo como objeto de estudo os produtores de grãos do Sul do Brasil.	✓	-	✓
	Modelo De Maturidade Para A Indústria 4.0 Para PMEs Brasileiras: Um Estudo De Caso Em Uma Indústria De Ração Animal (Libório De Oliveira Júnior, 2018)	Propõe um modelo de maturidade para as indústrias de pequeno e médio porte de países em desenvolvimento no contexto da Indústria 4.0.	-	✓	✓
***Papers* Internacionais**[3]	Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs (ZAMBON et al., 2019)	O artigo analisa As dificuldades específicas que a agricultura enfrenta ao longo da cadeia de abastecimento agrícola para permitir a operação implementação das diretrizes da Indústria 4.0.	✓	✓	-
	Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs (ANNOSI et al., 2019)	O fornece alguns insights sobre as razões relacionadas à adoção ainda limitada de 4,0 tecnologias nas PMEs agrícolas.	✓	✓	-
	Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil Dieisson (PIVOTO et al., 2018)	A pesquisa envolveu a realização de entrevistas semiestruturadas com especialistas do mercado e pesquisadores do Brasil e a utilização de levantamento bibliométrico para compreender as *smart farms* e suas possíveis implicações no Brasil	✓		✓
Esta pesquisa	Ferramenta para recomendação de tecnologias 4.0: um caso de aplicação em uma produção de queijo artesanal.	A pesquisa propõe uma ferramenta que possa recomendar tecnologias 4.0 para processos (gerenciais, de produção, de apoio, etc) encontrados em PMEs brasileiras do setor agropecuário.	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo Autor.

[2] Obtidas a partir de buscas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, relacionando os termos agricultura 4.0, *smart farms*, PME e Brasil. Acesso em fevereiro de 2021.

[3] Obtidas a partir de buscas no Portal Web of Science. Relacionando os termos agricultura 4.0, *smart farms*, PME e Brasil. Acesso em fevereiro de 2021.

Do ponto de vista econômico, no Brasil, o impacto potencial do IoT, apenas uma das tecnologias 4.0, pode alcançar de US$ 50 a 200 bilhões por ano. Do ponto de vista social, através do objetivo desta pesquisa pode-se ajudar as PMEs brasileiras do setor agro a modernizarem seus negócios e, assim, aproveitarem os benefícios e oportunidades geradas pela quarta revolução industrial. Nesse sentido, além de poder ser incluídas nessa nova revolução tecnológica, as PMEs conseguiriam gerir melhor os seus recursos, que são escassos, e realizar um manejo muito mais eficiente e limpo no campo.

1.4 Escopo da Pesquisa

Nessa seção, tem-se uma explicação acerca do escopo da pesquisa e algumas considerações sobre os conceitos considerados neste trabalho. Com relação ao tema da pesquisa, a Agricultura 4.0 pode ser caracterizada pela presença de dispositivos e sistemas inteligentes no campo (ZHAI et al., 2020). Com isso, é preciso se atentar que a palavra campo pode ter o seu sentido expandido, não se limitando a apenas a agricultura, mas sim incorporando também outras atividades correlatas, que formam a agropecuária, por exemplo. A agropecuária, por sua vez, pode ser definida como apresentado por Duque et al. (2015, p. 23.):

> (..) tratam-se das atividades humanas destinadas ao cultivo da terra (agricultura) e à criação de animais (pecuária). Abrange não só a produção de alimentos destinados ao consumo humano, mas também a alimentação de animais e a produção de matérias-primas industriais, como as voltadas à produção de energia, de celulose, têxtil e de borracha.

Ou seja, a agropecuária pode ser entendida como uma junção das atividades de Agricultura, Pecuária, Silvicultura e Exploração Vegetal e Pesca (‘O que é o agronegócio? - FEE’, 2015). Além disso, é importante ressaltar que, para este trabalho, a definição da Agricultura 4.0 é considerada de maneira ainda mais ampla, não se limitando apenas a agropecuária, mas sim englobando toda uma cadeia maior de atividades da agricultura, que dá origem ao termo Agronegócio ou *Agribusiness*, como apresentado por (‘O que é o agronegócio? - FEE’, 2015):

> Enquanto a agropecuária está centrada nas atividades realizadas no âmbito da propriedade rural, o conceito de agronegócio — de base empresarial ou familiar — engloba toda a cadeia produtiva: antes da porteira, dentro da porteira e depois da porteira da propriedade rural.

Nesse sentido de cadeia, as aplicações da Agricultura 4.0 poderiam ser estabelecidas em toda a parte da cadeia do Agronegócio: antes da porteira, dentro da porteira e depois da porteira, como apresentado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – O que é o Agronegócio?

Fonte: (‘O que é o agronegócio? - FEE’, 2015).

De acordo com a figura acima, as atividades antes da porteira são aquelas relacionadas a produção e fornecimento de insumos, máquinas, equipamentos e serviços. Já dentro da porteira, as atividades são aquelas relacionadas ao preparo e manejo do solo, tratos culturais, irrigação, colheita e criação animal. Por fim, depois da porteira, estão as atividades relacionadas ao transporte, armazenamento, industrialização e comercialização.

Esta pesquisa tem como foco de estudo as fazendas inteligentes, as *smart farms*, a partir

disso, pode-se estabelecer que esta pesquisa tem o seu escopo situado “dentro da porteira”. Além disso, o estudo de caso realizado, que se deu em um processo de produção de queijo dentro de uma propriedade rural, também se encontra neste âmbito.

1.5 Aspectos Metodológicos

Com relação aos aspectos metodológicos, a Fase A desta pesquisa, que visa identificar as tecnologias 4.0 existentes na literatura através de uma RBS, caracteriza-se como predominantemente de natureza exploratória, uma vez que tem como principal objetivo oferecer informações sobre um objeto, no caso as tecnologias 4.0. Nesse tipo de pesquisa, obtém-se informações sobre um determinado assunto onde há uma lacuna no conhecimento (ANTÔNIO DE OLIVEIRA NETTO, 2018; MIGUEL et al., 2010).

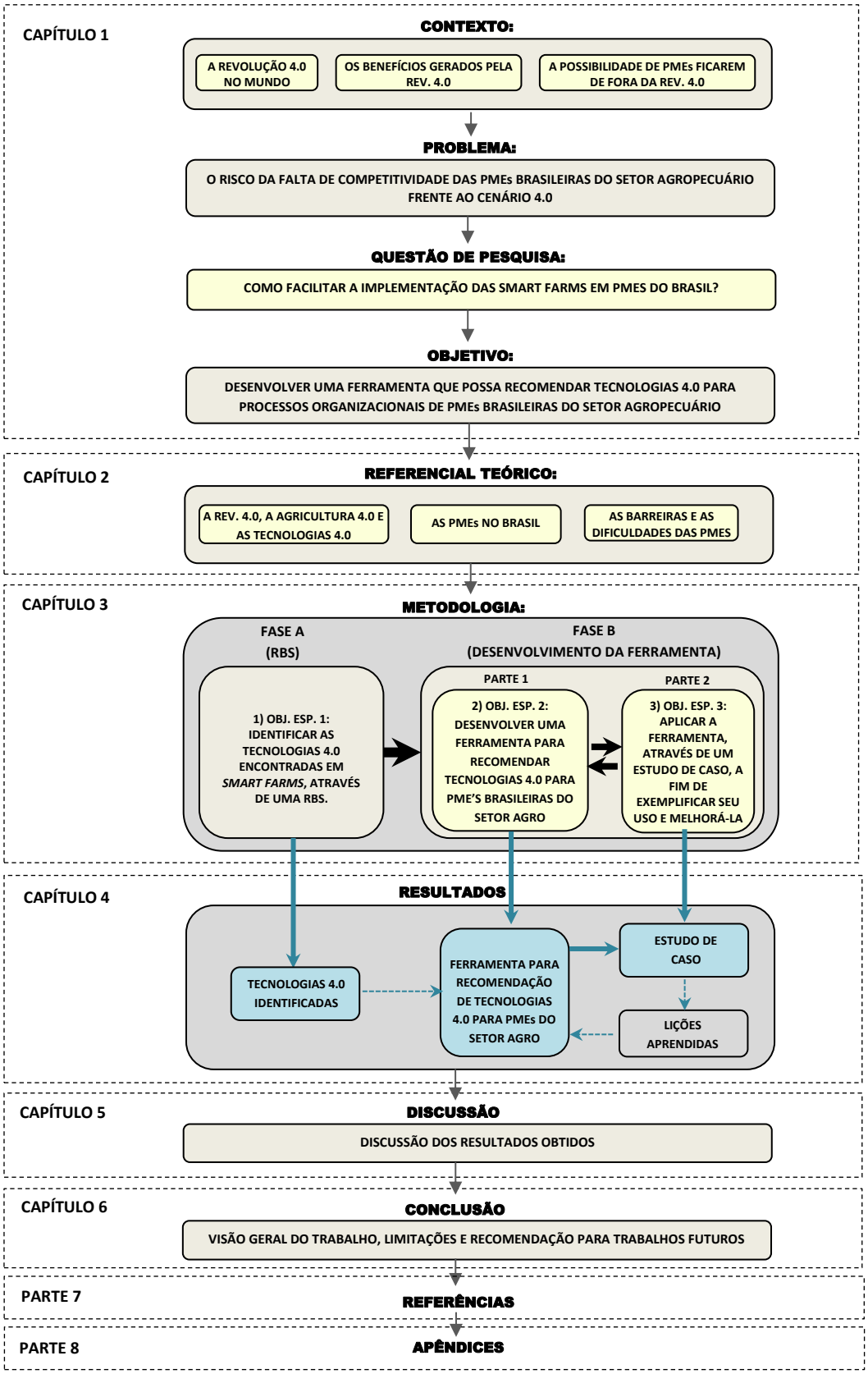
Com relação a Fase B – Parte 1, cujo objetivo foi a escolha e adaptação de uma ferramenta, tem-se um trabalho de natureza também exploratória, uma vez que se propõe a criação de uma ferramenta e a se explorar os efeitos gerados por ela. Já a Fase B – Parte 2, no qual se utilizou o método de estudo de caso com a finalidade de se verificar o cumprimento ou não do objetivo da ferramenta desenvolvida e obter sugestões de melhorias, apresentou natureza descritiva, uma vez que nela se obteve o registro, a descrição e análise de informações de um ambiente ou evento (ANTÔNIO DE OLIVEIRA NETTO, 2018; MIGUEL et al., 2010), no caso, da aplicação da ferramenta desenvolvida.

Com relação aos resultados obtidos, esta pesquisa se classifica como predominantemente qualitativa, uma vez que, a maioria das informações e conclusões são obtidas e geradas a partir da análise e síntese de um indivíduo, no caso o pesquisador, a partir da sua observação e interpretação acerca do ambiente do seu objeto de estudo. Ao contrário de uma abordagem quantitativa, quando se tem a mensuração de variáveis sem a interferência do observador (ANTÔNIO DE OLIVEIRA NETTO, 2018; MIGUEL et al., 2010). No entanto, algumas análises referentes à bibliometria da RBS e ao mapeamento de processos podem apresentar natureza quantitativa. O detalhamento da metodologia é apresentado no Capítulo 3.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em oito partes. O Capítulo 1 trata da contextualização do assunto da pesquisa, dos objetivos, dos aspectos metodológicos, da contribuição e da estrutura do trabalho. No capítulo 2, tem-se uma síntese das temáticas principais que foram abordadas nesta pesquisa, como a Revolução 4.0, a Agricultura 4.0, as Tecnologias 4.0 e as características das Pequenas e Médias Empresas, assim como, as suas dificuldades e barreiras. No Capítulo 3 é explicada a metodologia do trabalho, que está dividida em duas fases, A e B, a primeira relacionada a revisão bibliográfica sistemática e a segunda ao desenvolvimento de uma ferramenta. No Capítulo 4 e 5, tem-se a apresentação e discussão dos resultados, respectivamente. Depois, no capítulo 6, tem -se a apresentação da conclusão do trabalho. E por fim, tem-se as referências e os apêndices do trabalho, respectivamente. Na Figura 3, tem-se uma visão geral da estrutura do trabalho.

Figura 3 – Estrutura do Trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta uma síntese das temáticas fundamentais que foram abordadas nesta pesquisa com o intuito de contextualizar o leitor. Nela, são apresentados os conceitos relacionados a Revolução 4.0, a Indústria 4.0 e suas tecnologias, e a Agricultura 4.0. Além disso, argumenta-se sobre a representatividade das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) no Brasil, assim como, sobre algumas das principais dificuldades e barreiras enfrentadas por esse tipo de organização em iniciativas de mudanças.

2.1 A Revolução 4.0

O mundo está passando pela sua Quarta Revolução Industrial, que dá origem ao fenômeno Indústria 4.0 (I4.0) (AAZAM; ZEADALLY; HARRAS, 2018). Na literatura, há um consenso em dizer que o termo Indústria 4.0 surgiu durante o evento *Hannover Fair* de 2011, a mais importante feira industrial da Alemanha. Durante o evento, o termo utilizado foi *Industrie 4.0* para sinalizar a próxima grande evolução eminente das indústrias (DRATH; HORCH, 2014). Apesar do termo se referir ao segmento industrial, o fenômeno Indústria 4.0, não se restringe apenas às indústrias.

Segundo Schwab e Davis (2018, p. 37):

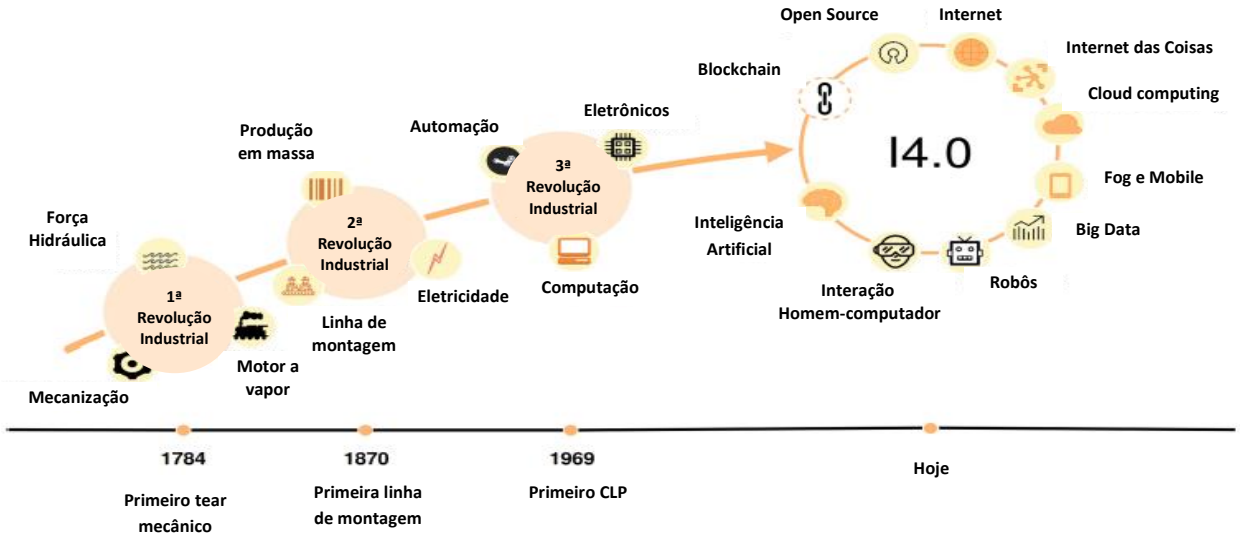
> O emprego atual da palavra “indústria” é muito limitado e não é capaz de abranger o escopo da revolução. Um melhor enquadramento talvez seja o uso que os pensadores do século XIX, Thomas Carlyle e John Stuart Mill, faziam do termo “indústria”: todas as atividades que decorre do esforço humano.

Nesse contexto, então, atualmente, estar-se-ia passando pela Quarta Revolução Industrial, que é marcada pela combinação dos objetos físicos, e sua representação e aplicação no mundo virtual em diversos setores. A seguir são apontadas as características das outras três revoluções anteriores.

A Primeira Revolução Industrial foi marcada pelas máquinas a vapor, o que possibilitou a mecanização das atividades, por volta de 1780, principalmente na Europa. A Segunda Revolução Industrial, com o advento da eletricidade, possibilitou a implantação das linhas de produção por volta de 1870, e o seu clímax se deu com a produção em massa do modelo T da Ford nos Estados Unidos. Na Terceira Revolução Industrial, em 1969, com o surgimento do

primeiro controlador programável lógico, isso possibilitou a programação de sistemas e o início da digitalização. Atualmente, na Quarta Revolução Industrial, essa revolução é marcada pelo uso das Tecnologias 4.0, como a *Internet of things*, *Blockchain*, *Cloud Computing*, *Big Data*, *Internet*, entre outros, para uma maior integração, comunicação e controle das atividades. (ACETO; PERSICO; PESCAPÉ, 2019; DRATH; HORCH, 2014; SCHWAB; DAVIS, 2018). Na Figura 4 tem-se uma representação das revoluções industriais que acometeram a sociedade há mais de 200 anos e dos principais ativadores envolvidos. Na seção 2.2, apresentar-se-á algumas definições das principais tecnologias desta nova revolução.

Figura 4 – As Revoluções Industriais da 1.0 à 4.0



Fonte: Adaptado de Aceto, Persico e Pescapé (2019).

Ainda não se tem um consenso acerca de uma definição ampla sobre a Indústria 4.0. No entanto, é possível perceber uma similaridade entre a maioria das definições apontadas por diversos trabalhos da literatura. Algumas definições sobre a indústria 4.0 são apresentadas abaixo:

De acordo com (Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 April 2013 Securing the future of German manufacturing industry Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013):

> É caracterizado por um novo nível de interação social-técnica entre todos os atores e recursos envolvidos em uma fabricação (máquinas de manufatura, robôs, transportadores e sistemas de armazenamento e instalações de produção) que são autônomos, capazes de se autocontrolarem a diferentes situações, autoconfiguráveis, baseado em conhecimento, equipados com sensores e que também incorporam o planejamento e o gerenciamento

> fornecidos pelos sistemas (..) No ambiente de manufatura, haverá uma integração de toda a cadeia de valor (..).

De acordo com Anderl (2014):

> A abordagem fundamental da Industrie 4.0 é usar a capacidade dos sistemas ciber-físicos de fornecer inteligência e comunicação para sistemas técnicos artificiais que são chamados de sistemas inteligentes. Os sistemas inteligentes podem ser entendidos como uma tecnologia sucessora e consequente dos sistemas mecatrônicos. A principal característica é a integração de sistemas ciber-físicos para permitir a comunicação entre sistemas e a operação autocontrolada do sistema. Os sistemas inteligentes devem ser usados para monitoramento de condição, monitoramento de integridade estrutural, diagnóstico remoto e controle remoto.

Segundo Schwab e Davis (2018, p. 35):

> A Quarta Revolução Industrial não consiste em uma pequena mudança – ela é um novo capítulo do desenvolvimento humano, no mesmo nível da primeira, da segunda e da terceira revolução industrial e, mais uma vez, causada pela crescente disponibilidade e interação de um conjunto de tecnologias extraordinárias. As tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial são construídas sobre o conhecimento e os sistemas das revoluções industriais anteriores, em particular, sobre os recursos digitais da Terceira Revolução Industrial.

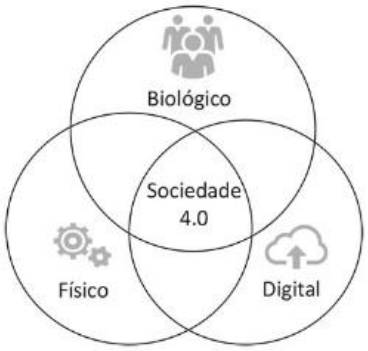
De acordo com Aceto, Persico e Pescapé (2019):

> Esta quarta revolução industrial é baseada principalmente em Sistemas Ciber-Físicos ou CPS (no qual se tem uma integração de computação, comunicação e controle) e *Big Data* (técnicas para extrair valor de uma desafiante quantidades de dados) e depende muito da Internet das coisas (caracterizado pela presença generalizada de uma variedade de objetos interconectados, como telefones celulares, sensores e atuadores) e tecnologias associadas.

Em suma, nesta revolução, as organizações adotam tecnologias como a de manufatura aditiva, RFID (*Radio Frequency Identification*/ Identificação por radiofrequência), *big data, cloud computing, IoT (Internet of Things/* Internet das Coisas), IIoT (*Industrial Internet of Things*/ Internet Industrial das Coisas), CPS (*cyber-physical system* /sistemas ciberfísicos), Inteligência Artificial, entre outras (CHEN et al., 2017; LI et al., 2017; PERERA et al., 2015), para conceber um ambiente que seja interoperacional, descentralizado, ágil, orientado à serviços, virtualizado, gerenciado a partir de dados e que integre os processos produtivos com os de negócios (USTUNDAG; CEVIKCAN, 2018).

Apesar dessa revolução estar associada ao mundo digital, ela inclui também outros ambientes, como o físico e biológico. “Trata-se da convergência das tecnologias do mundo físico, biológico e digital dando origem a sociedade 4.0” (SCHWAB, 2017, apud BRITO DA SILVA et al., 2018, p. 23). Figura 5 a seguir ilustra essa interseção.

Figura 5 – A convergência entre os mundos digital, físico e o biológico.



Fonte: Brito da Silva et al. (2018, p.23).

Nesse contexto, para aproveitar as oportunidades geradas por essa revolução, alguns países têm se mobilizado lançando programas para a modernização de suas indústrias nos mais variados segmentos. Liao et al. (2017) apresenta uma série de iniciativas encontradas em diversos países:

a) EUA (2011) – *Advanced Manufacturing Partnership*;
b) Alemanha (2012) – *High-Tech Strategy* 2020;
c) França (2013) – *La Nouvelle France Industrielle*;
d) Reino Unido (2013) – *Future of Manufacturing*;
e) Coreia do Sul (2014) - *Innovation in Manufacturing 3.0;*
f) China (2015) – *Made in China 2025;*
g) Japão (2015) – *Super Smart Society;*
h) Singapura (2015) – *RIE 2020 Plan (Research, Innovation and Enterprise).*

Diante dessas inúmeras iniciativas de diversos países, diversos termos relativos à Indústria 4.0 têm surgido na sociedade e na literatura. O trabalho de Lima (2020), por exemplo, apresenta uma lista dos países com mais publicações cientificas ao redor do mundo, obtidos entre 2010 a 2018, na base de dados *Scopus*, de acordo com o uso de diferentes termos relativos a I4.0, como Indústria 4.0 (*Industry 4.0/Industrie 4.0*), Manufatura Avançada (*Advanced*

Manufacturing), Manufatura Inteligente (*Smart Manufacturing*) e Internet Industrial (*Industrial Internet*). O Quadro 2 a seguir apresenta esses resultados.

Quadro 2 – Número de publicações relativas aos termos da Indústria 4.0 por país

	Indústria 4.0	**7.187**		**Manufatura Avançada**	**4.806**	
1º	Engenharias	**4.481**	62%	Engenharias	**3.606**	75%
2º	Ciência da Computação	**3.907**	54%	Ciência da Computação	**1.414**	29%
3º	Matemática	**1.156**	16%	Negócios, Gestão e Contabilidade	**903**	19%
4º	Negócios, Gestão e Contabilidade	**1.053**	15%	Ciência de materiais	**752**	16%
5º	Ciências da decisão	**992**	14%	Matemática	**456**	9%
	Quarta Revolução Industrial	**1.371**		**Indústria Integrada**	**174**	
1º	Engenharias	**669**	49%	Engenharias	**66**	38%
2º	Ciência da Computação	**607**	44%	Negócios, Gestão e Contabilidade	**45**	26%
3º	Negócios, Gestão e Contabilidade	**276**	20%	Economia, Econometria e Finanças	**33**	19%
4º	Ciências Sociais	**264**	19%	Ciências Sociais	**25**	14%
5º	Ciências da decisão	**180**	13%	Energia	**18**	10%
	Industrial Internet	**1.849**		**Indústria Inteligente**	**175**	
1º	Ciência da Computação	**1.233**	67%	Ciência da Computação	**112**	64%
2º	Engenharias	**1.132**	61%	Engenharias	**106**	61%
3º	Matemática	**219**	12%	Negócios, Gestão e Contabilidade	**24**	14%
4º	Ciências da decisão	**171**	9%	Física e Astronomia	**24**	14%
5º	Física e Astronomia	**160**	9%	Ciências da decisão	**18**	10%
	Manufatura Inteligente	**1.506**		**Ao menos um**	**15.378**	
1º	Engenharias	**1.066**	71%	Engenharias	**10.053**	65%
2º	Ciência da Computação	**889**	59%	Ciência da Computação	**7.208**	47%
3º	Matemática	**206**	14%	Negócios, Gestão e Contabilidade	**2.299**	15%
4º	Ciências da decisão	**187**	12%	Matemática	**1.958**	13%
5º	Negócios, Gestão e Contabilidade	**149**	10%	Ciência de materiais	**1.758**	11%

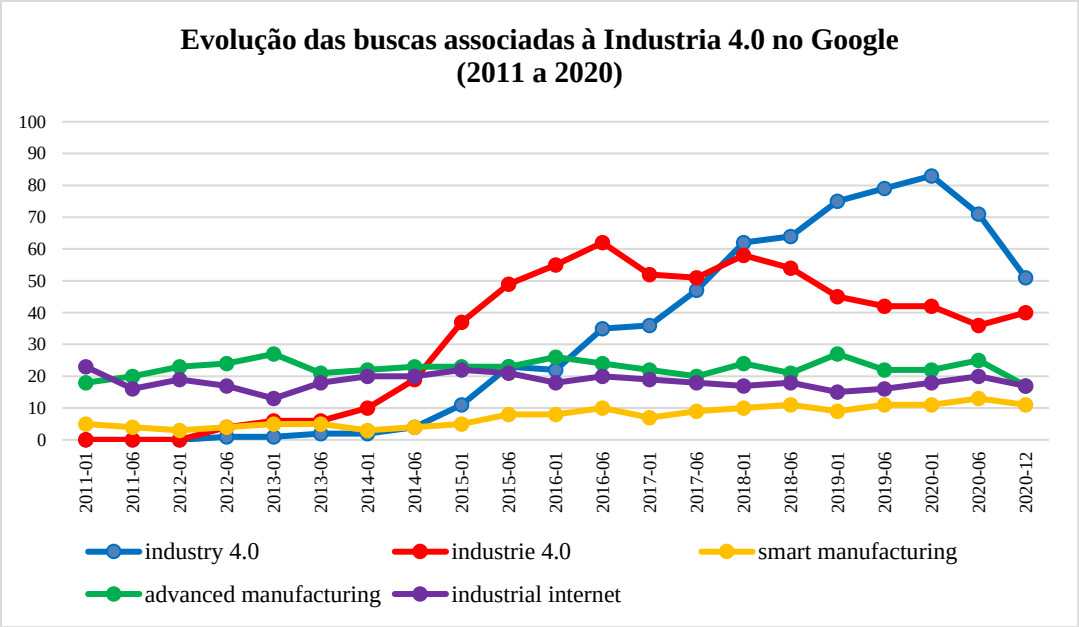
Fonte: Lima (2020, p.54).

No quadro é possível perceber um maior uso dos termos Indústria 4.0 (*Industry* 4.0/Industrie 4.0) e manufatura avançada (*Advanced Manufacturing*) nas publicações obtidas, quando comparadas aos termos Manufatura Inteligente (*Smart Manufacturing*) e Internet Industrial (*Industrial Internet*).

Uma evidência do crescente interesse sobre o assunto, não apenas no meio acadêmico, mas na sociedade pode ser é encontrada na quantidade de buscas realizadas no Google ao longo do tempo. O Gráfico 1 apresenta a tendência de buscas de cinco termos, "*Industry 4.0", "Industrie 4.0"*, "*Advanced Manufacturing"*, "*Smart Manufacturing"* e "*Industrial Internet*", relacionados a essa nova revolução que está em curso na indústria. O período analisado foi de 2011 até o final de 2020. Os dados foram obtidos através da Plataforma *Google Trends* e estão

normalizados, ou seja, as quantidades foram relacionadas entre si, no qual a maior quantidade de busca é representada pelo número 100.

Gráfico 1 – O interesse pelos termos relativos a Indústria 4.0 ao longo do tempo

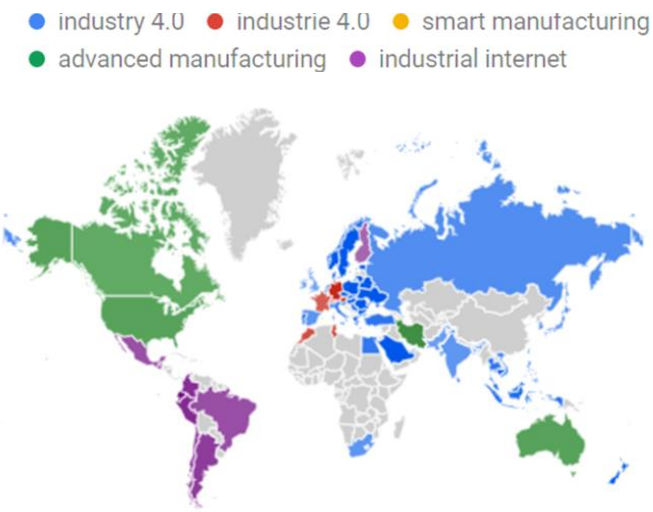


Fonte: Google Trends[4].

No Gráfico 1, é possível perceber um aumento nas buscas por todos os termos ao longo do tempo, com os termos "*Industry 4.0" e "Industrie 4.0"* sendo os mais buscados e com os maiores crescimentos ao logo do tempo entre os termos, seguido por "*Advanced Manufacturing*, *"Internet Industrial"* e por último "*Smart Manufacturing"*. Na Figura 6, é possível ver a predominância do uso desses termos nas buscas em diferentes regiões do mundo nesse mesmo período.

[4] Os resultados podem ser acessados pelo site: https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2011-01-01%202020-12-31&q=industry%204.0,industrie%204.0,Smart%20manufacturing,advanced%20manufacturing,industrial%20internet. Acesso em 19 de março de 2021.

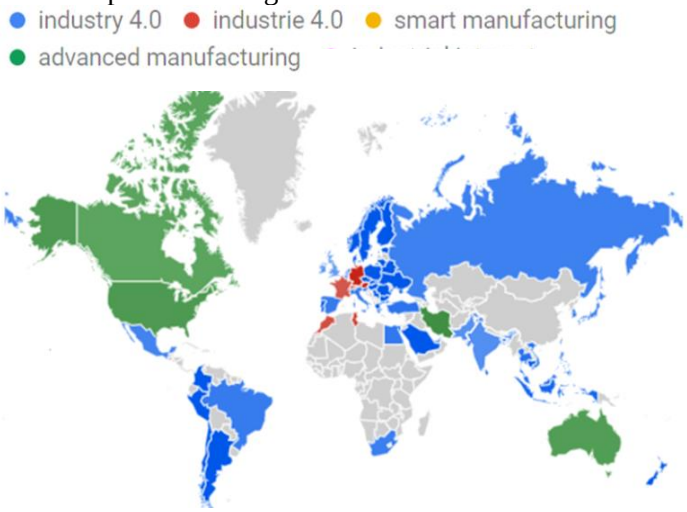
Figura 6 - O interesse pelos termos relativos a Indústria 4.0 ao redor do mundo



Fonte: Google Trends.

Na Figura 6, cada cor representa um termo de acordo com a legenda do mapa. Desse modo, observa-se que há uma maior predominância de buscas com o uso dos termos "*Industry 4.0*" e "*Advanced Manufacturing*", sendo o termo "*Smart Manufacturing"* com um volume de buscas tão baixo quanto comparado aos demais, que não aparece no mapa. Um destaque a ser mencionado trata-se do maior uso do termo "*Industrie 4.0*" em alguns países da Europa, como Alemanha e França, conforme apresentado no mapa. Além disso, é preciso mencionar que o segundo termo mais buscado, nas regiões de maior predominância dos termos *"Industrie 4.0", "Advanced Manufacturing" e Industrial Internet*", foi o termo "*Industry 4.0*". Isso pode ser evidenciado se compararmos apenas os termos mais genéricos, sem considerar o *"industrial internet"*, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 - O interesse pelos termos gerais relativos a Indústria 4.0 ao redor do mundo



Fonte: Google Trends[5].

Com isso, percebe-se uma predominância do termo digital "*Industry 4.0*" e "*Advanced Manufacturing*" no mapa. Tais resultados podem sugerir uma maior familiaridade da sociedade com tais termos quando comparado aos demais. No entanto, é preciso salientar que os termos utilizados aqui estão em inglês, o que em muitos países esse não é o idioma principal, logo, as buscas em alguns países podem ser realizadas com termos em outros idiomas. Aqui cabe ressaltar também que muitas desses termos são oriundos do mercado corporativo, no qual o *marketing* pode ter influenciado na popularização de alguns termos do que outros.

Diante das perspectivas positiva e o interesse na temática, o Governo Federal convocou a sociedade a contribuir para a modernização das indústrias no Brasil. Em 2017, por exemplo, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) estabeleceu um plano com as prioridades tecnológicas, econômicas e sociais necessárias para o desenvolvimento da indústria. Além disso, criou uma lista com metas e ações que devem ser realizadas pelo governo para a modernização do setor, o que deu origem ao Plano de Manufatura Avançada para o Brasil. Um grupo de representantes da sociedade também foi constituído para defender pautas relativas a esse tema através de diversas entidades brasileiras, intitulado de Câmara Indústria 4.0. Esse esforço ainda criou um portal para cadastro e divulgação de iniciativas no Brasil relacionados a Indústria 4.0, o chamado Mapeamento Indústria 4.0.

[5] Os resultados podem ser acessados pelo site: https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2011-01-01%202020-12-31&q=industry%204.0,industrie%204.0,Smart%20manufacturing,advanced%20manufacturing. Acesso em 19 de março de 2021.

Acerca de uma das tecnologias relacionadas a quarta revolução industrial, a Internet das Coisas, anteriormente em 2014, o Governo Federal instituiu um grupo com o objetivo de promover e acompanhar pautas no governo relacionadas a Internet das Coisas, a Câmara IoT. Essa câmara é responsável por estudos e ações que dará origem em breve ao Plano Nacional de Internet das Coisas (MCTIC, 2019). Em linha com o Plano de Manufatura Avançada, o Plano Nacional de Internet das Coisas deverá também conter metas e ações para o Brasil se modernizar nesse segmento. Como resultado parcial, houve a publicação do estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil" que divulgou os segmentos industrial e o rural como sendo os dois dos quatros ambientes selecionados que deverão ser priorizados pelo Brasil para aproveitar as oportunidades geradas pela Internet das Coisas (INTERNET DAS COISAS: UM PLANO DE AÇÃO PARA O BRASIL, 2018).

Outra iniciativa no Brasil, em documento publicado pela CNI (Confederação Nacional da Indústria), em 2016, abordou sete dimensões prioritárias necessárias de serem desenvolvida para se alcançar a Indústria 4.0 no país. São elas:

a) aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores;
b) mecanismos para induzir a adoção das novas tecnologias;
c) desenvolvimento tecnológico;
d) ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga;
e) aspectos regulatórios;
f) formação de recursos humanos;
g) articulação institucional.

O foco deste trabalho, por exemplo, estar em auxiliar na adoção de novas tecnologias, a partir de uma ferramenta que evidencia qual tecnologia usar, onde utilizar e quais parâmetros controlar, o que pode facilitar a compreensão da utilidade e dos benefícios da adoção.

2.2 As Tecnologias 4.0

Diversas tecnologias de informação e comunicação (TIC) fazem parte dessa nova revolução, as chamadas Tecnologias 4.0, como os sistemas ciberfísicos (CPS), *Big Data*, Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas, Computação em nuvem, *Fog and Mobile Computing*, Interação Humano-Computador, Robôs, Software de Código Aberto e *Blockchain*

que são aplicadas a fim de conceber ambientes inteligentes no campo, como as fazendas inteligentes (*smart farming)* (LU et al., 2017;) (ACETO; PERSICO; PESCAPÉ, 2019). A seguir, tem-se um resumo das funções das principais tecnologias[6] de acordo com Symeonaki et al. (2020), Aceto et al. (2019), Aazam et al. (2019), Posada et al. (2018) , Li et al. (2018) e Negri, Fumagalli e Macchi (2017):

a) ***big data and Analytics (big data e análises)*:** permite a aquisição, processamento e análises de uma grande quantidade de dados heterogêneos de um grande número de fontes;
b) ***blockchain (cadeia de blocos):*** possibilita o registro de eventos e transações de maneira descentralizadas.
c) ***cloud computing (computação em nuvem)*:** fornece recursos computacionais, como hardware, software e armazenamento, aos dispositivos e sistemas;
d) ***digital twin (gêmeos digitais)*:** Trata-se da contraparte virtual e informatizada de um sistema físico que pode ser usado para simulá-lo para diversos fins;
e) ***edge and fog computing (computação edge e fog)*:** fornece recursos computacionais, como *hardware*, *software* e armazenamento, de maneira mais próxima aos dispositivos e sistemas;
f) **mobile computing (computação móvel):** fornece recursos computacionais, como hardware, software e armazenamento, de maneira móvel;
g) ***artificial Intelligence-AI (inteligência artificial-IA):*** oferece aplicações que simulam a inteligência humana para atividades que possam exigir julgamentos e comandos não estruturados;
h) ***human-machine Interaction (interação homem-máquina):*** fornece a interface para que a interação homem-máquina aconteça;
i) ***internet of things-IoT (internet das coisas):*** são dispositivos com sensores e suporte computacional para se comunicar e interagir com outros através de uma rede altamente distribuída. Pode ser tratada como a própria rede onde se acontece essa comunicação;
j) ***augmented and virtual reality (realidade aumentada e virtual)*:** tem como objetivo gerar ambientes digitais imersivos a partir dos quais os usuários podem ter uma visão única ou parcial sobre a forma como o mundo real funciona.
k) ***autonomous robots (robôs autônomos):*** dispositivos que executam diferentes tarefas no campo de forma semiautomática ou automática;
l) ***cyberphysical systems-CPS (sistemas ciberfísicos):*** são sistemas que permitem a conexão do mundo físico com o digital, através de tecnologias de computação, informação e comunicação;

[6] A definição de tecnologia para este trabalho segue a do dicionário Michaelis: tecnologia trata-se do (..) "conjunto de processos, métodos, técnicas e ferramentas (..)". Acesso em março de 2021.

m) ***visual computing (computação visual)***: trata-se do uso de técnicas computacionais para simular a visão humana, com o objetivo de identificar objetos, coisas.

Nessa revolução, as Tecnologias 4.0 estão fortemente conectadas entre si, pois são oriundas da Terceira Revolução Industrial, assim como, as tecnologias anteriores que são oriundas das que as sucederam. Porém, esta nova revolução acontece de maneira muito mais rápida, porque conta agora com uma rede digital, a internet – oriunda da Terceira Revolução Industrial, que possibilita uma disseminação exponencial a custos baixos (SCHWAB; DAVIS, 2018) .

Nesse contexto, muitas das tecnologias do âmbito da Indústria 4.0 possuem conceitos bem próximos, o que pode causar dúvidas. Para exemplificar isso, os resultados de uma pesquisa realizada por Liao, Loures e Deschamps (2018) apontou, por exemplo, que o termo Internet das Coisas (IoT), muitas vezes, é associado em trabalhos acadêmicos como sendo um componente, uma estrutura, uma perspectiva e até mesmo como sendo um sinônimo para o termo Indústria 4.0. Diante das diferentes perspectivas que possam existir, este trabalho descreve e distingue a seguir algumas das diferentes tecnologias associadas a Indústria 4.0 que serão adotadas nesta pesquisa, a partir de trabalhos encontrados na literatura.

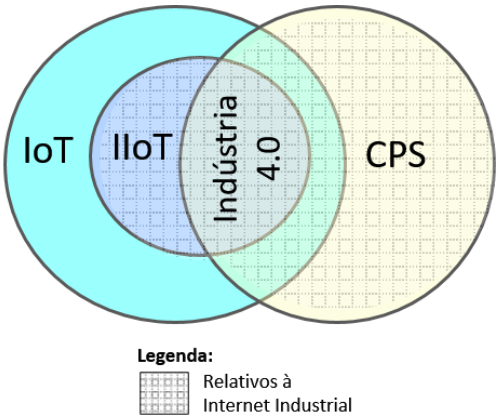
Com relação a Internet das Coisas (IoT) e a Internet Industrial das Coisas (IIoT), segundo Sisinni et al. (2018) apesar dessas tecnologias possuírem conceitos próximos, elas não podem ser utilizados como substitutos um do outro. Para ele, IIoT seria uma aplicação da internet das coisas no setor industrial. Ele ainda pondera que IoT se refere a “coisas” que interagem com o ser-humano para facilitar o dia-dia, enquanto IIoT trata-se da comunicação de artefatos inteligentes de uma fábrica, conectando desde máquinas até processos de negócios. Portanto, IoT estaria orientado a pessoas, enquanto o IIoT às máquinas.

Já em relação aos sistemas ciberfísicos (CPS) e a Internet Industrial das Coisas (IIoT), Lin et al. (2017) explica que apesar de ambos permitirem o relacionamento entre o mundo real e o digital, existem diferenças. Para ele, sistemas ciberfísicos devem ser vistos como um conjunto de sistemas e interfaces onde se dá a interação entre o mundo físico e o digital, enquanto IIoT seria apenas a rede de comunicação por onde acontece essa interação. Sendo assim, os sistemas ciberfísicos (CPS) são as interfaces responsáveis pelo monitoramento e controle das informações obtidas pelos dispositivos físicos, ao passo que IIoT seria a estrutura ou camada por onde acontece essa comunicação.

Li et al. (2017) aponta ainda que CPS e IIoT são partes de um conceito ainda mais amplo chamado de Internet Industrial - sistemas de rede capazes de conectar "(...) coisas, máquinas, computadores, pessoas, possibilitando as operações inteligentes da indústria com o uso de análises avançada de dados (...)" (INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM, 2015).

Por fim, na Figura 8, é possível identificar as relações entre as diversas tecnologias mencionadas neste trabalho, como Indústria 4.0, IoT, IIoT, CPS e Internet Industrial.

Figura 8 – As relações entre CPS, IoT, IIoT, Internet Industrial e Indústria 4.0

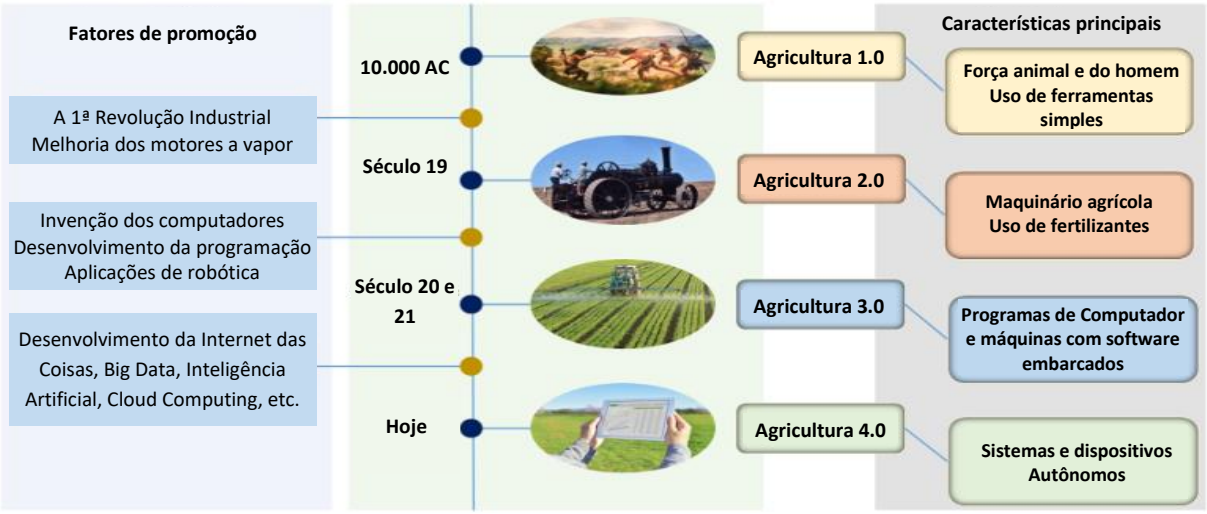


Fonte: Adaptado de Sisinni et al (2018).

2.3 A Agricultura 4.0

A Agricultura 4.0 é caracterizada pela presença de dispositivos e sistemas inteligentes no campo. Trata-se da aplicação das tecnologias presentes na indústria 4.0 que permitem melhorias significativas na agricultura (ZHAI et al., 2020). Também chamada de Agricultura digital, ela pode ser entendida como "uma evolução da agricultura de precisão, que integra as tecnologias digitais na gestão dos processos produtivos da agropecuária incluindo a zootecnia" (QUEIROZ et al., 2020). Assim como a I4.0, o campo teria passado por três revoluções, estando agora na quarta, conforme é possível ver na Figura 9.

Figura 9 – As Revoluções no campo da 1.0 à 4.0



Fonte: Adaptado de Zhai et al. (2020).

A primeira revolução no campo deve início em 10.000 anos a.c. e teria sido marcada pelo uso da força animal e do homem, e pelo uso de ferramentas simples. A segunda revolução, no século 19, foi marcada pela utilização de maquinário agrícola e o uso de produtos químicos. Na terceira revolução, nos séculos 20 e 21, com o surgimento do primeiro controlador programável lógico, possibilitou o uso de programas de computador e o desenvolvimento de robôs no campo. Atualmente, na quarta revolução seria marcada pelos sistemas e dispositivos inteligente e dispositivos inteligentes, através de tecnologias como Internet das Coisas, *Big Data*, Inteligência Artificial, *Cloud Computing*, etc.

Abaixo, tem-se algumas definições para essa nova revolução no campo:

Segundo Fountas et al. (2020):

> A disseminação de várias vantagens tecnologias, desde GPS, sensoriamento remoto, a *big data*, inteligência artificial, aprendizado de máquina, robótica e Internet das Coisas (IoT) na agricultura, está levando a um aumento de produção, custos menores e impactos ambientais reduzidos.

De acordo com Queiroz et al. (2020):

> A adoção da automação e da robótica; dos mais variados tipos de sensores de solo, planta e clima; do processamento e armazenagem de dados nas nuvens; da inteligência artificial, e da conectividade está na base dessa nova revolução agrícola, chamada de agricultura 4.0, criando o que muitos acreditam ser uma nova revolução verde (..) Uma nova fase da agricultura está começando – A Agricultura 4.0, que inclui, entre muitas outras mudanças, o maior uso de produtos biológicos, a inclusão de novas espécies ainda em domesticação na produção de alimentos e a transformação digital.

De acordo com Wang (2011):

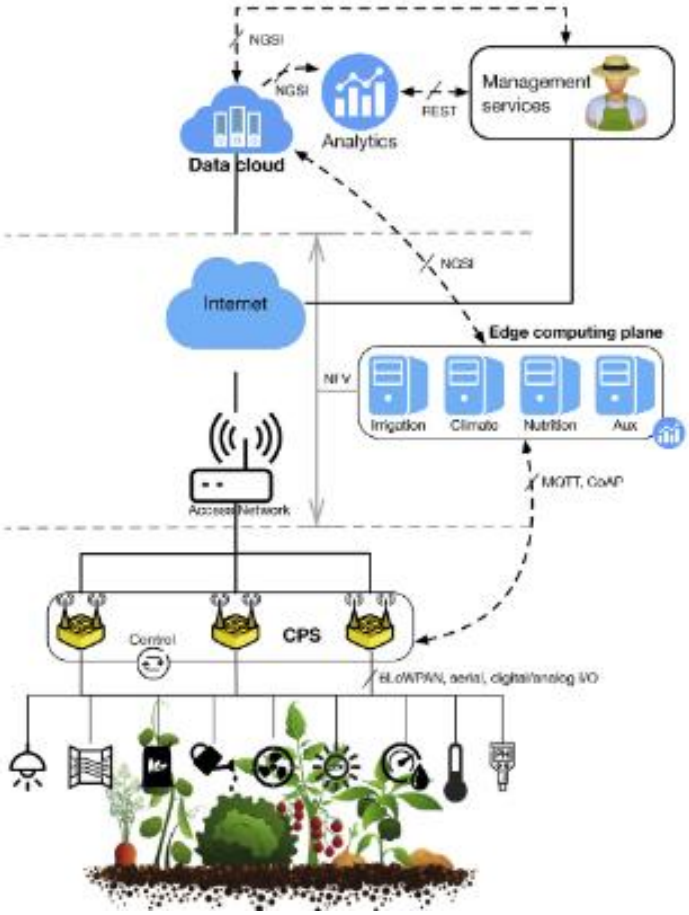
> A agricultura digital é uma fusão de sistema científico moderno que integra ciência agrícola, ciência global, ciência da informação, ciência da computação, comunicação digital, ciência ambiental e ciência de sistema em um sistema científico completo com técnica de simulação de crescimento de safra, tecnologia de sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, posicionamento global sistema (GPS), tecnologia de realidade virtual, imagens de satélite com alta resolução, sistema de suporte à decisão e assim por diante.

De acordo com Weltzien (2016):

> Após 20 anos de pesquisa em “agricultura de precisão”, existem hoje em dia diversos tipos de sensores para registrar parâmetros agronomicamente relevantes, bem como muitos sistemas de gestão de fazendas. As máquinas controladas eletronicamente são de última geração. Na verdade, a tecnologia agora é capaz de automatizar sistemas físicos cibernéticos em rede entre máquinas diferentes. Isso é o que chamamos de “agricultura 4.0“. No entanto, ainda não se pode afirmar que a agricultura de precisão foi amplamente estabelecida na produção agrícola.

No campo, esta revolução possibilita a implementação das fazendas inteligentes (*smart farms*), no qual sensores e robôs realizam o monitoramento e o manejo das lavouras sem que o homem precise ir ao campo (FOUNTAS et al., 2020). Na Figura 10, é possível ver uma estrutura de fazenda inteligente composta por sensores, roteadores com acesso à nuvem.

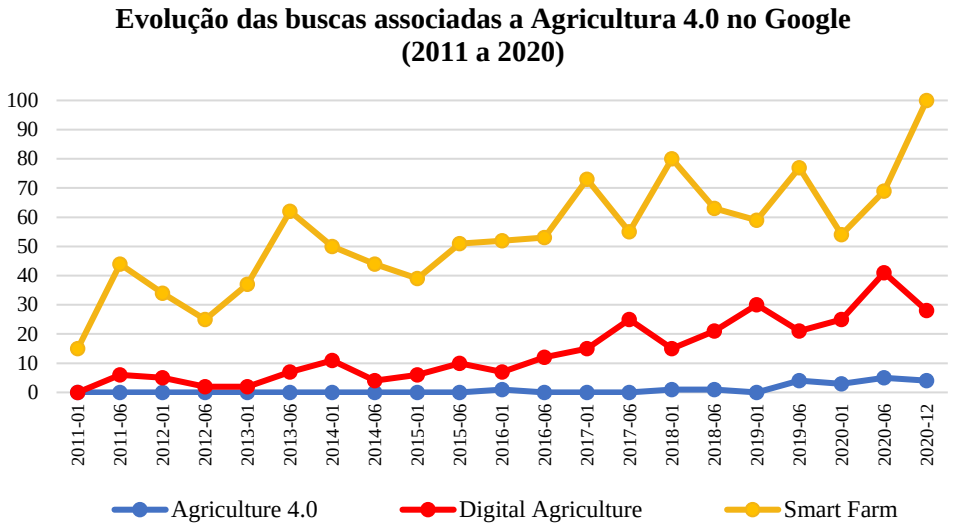
Figura 10 – Um exemplo de *Smart Farm*



Fonte: Adaptado de ZAMORA-IZQUIERDO et al. (2019).

Uma evidência do aumento do interesse sobre o assunto, pode ser é encontrada na quantidade de buscas realizadas no Google ao longo do tempo. O Gráfico 4 apresenta a tendência de buscas de três termos ("*Agriculture 4.0*", "*Digital Agriculture*" e "*Smart Farm*") relacionados a essa nova revolução que está em curso no campo. O período analisado foi de 2011 até o final de 2020. Os dados foram obtidos através da Plataforma *Google Trends* e estão normalizados, ou seja, as quantidades foram relacionadas entre si, no qual a maior quantidade de busca é representada pelo número 100.

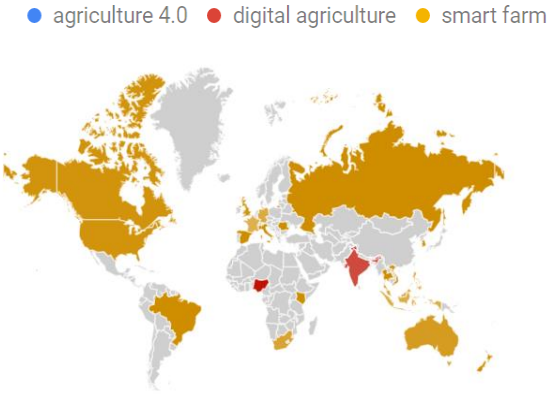
Gráfico 2 – O interesse pelos termos relativos a Agricultura 4.0 ao longo do tempo



Fonte: Google Trends[7].

No Gráfico 2, é possível perceber um aumento nas buscas pelos três termos ao longo do tempo, com o termo "*Smart Farm*" sendo o mais buscado e com o maior crescimento ao logo do tempo entre os três termos, seguido por *"Digital Agriculture"* e por último *"Agriculture 4.0"*. Na Figura 11, é possível ver a predominância do uso desses termos nas buscas em diferentes regiões do mundo nesse mesmo período.

Figura 11 - O interesse pelos termos relativos a Agricultura 4.0 ao redor do mundo

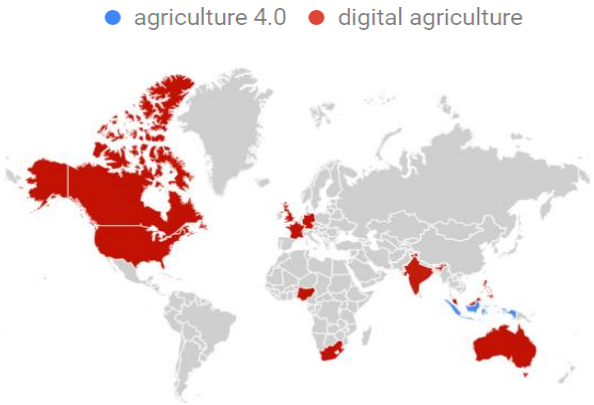


Fonte: Google Trends.

[7] Os resultados podem ser acessados pelo site: https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2011-01-01%202020-12-31&q=agriculture%204.0,digital%20agriculture,smart%20farm. Acesso em 19 de março de 2021.

Na Figura 11, cada cor representa um termo de acordo com a legenda do mapa. Desse modo, observa-se que há uma maior predominância de buscas com o uso dos termos "*Smart farms*" e "*Digital Agriculture*", sendo o termo "*Agriculture 4.0"* com um volume de buscas tão baixo quanto comparado aos demais, que não aparece no mapa. Um destaque a ser mencionado trata-se do maior uso do termo "*Digital Agriculture*" na França, Índia e Nigéria, conforme apresentado no mapa. Além disso, é preciso mencionar que o segundo termo mais buscado, nas regiões de maior predominância dos termos "*Smart farms*", é o termo "*Digital Agriculture*". Isso pode ser evidenciado se compararmos apenas os termos mais genéricos, como "*Digital Agriculture*" e "*Agriculture 4.0"*, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - O interesse pelos termos gerais relativos a Agricultura 4.0 ao redor do mundo



Fonte: Google Trends[8].

Com isso teremos a predominância do termo digital "*Digital Agriculture*" no mapa e o surgimento da Indonésia com o maior uso do termo "*Agriculture 4.0*. Tais resultados podem sugerir uma maior familiaridade da sociedade com o termo *"Digital Agriculture"* em vez de *"Agriculture 4.0"*. No entanto, é preciso salientar que os termos utilizados aqui estão em inglês, o que em muitos países esse não é o idioma principal, logo, as buscas em alguns países podem ser realizadas com termos em outros idiomas. O que pode ter acontecido no caso do Brasil que não apareceu assinalado como nos gráficos anteriores.

[8] Os resultados podem ser acessados pelo site: https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2011-01-01%202020-12-31&q=agriculture%204.0,digital%20agriculture. Acesso em 19 de março de 2021.

2.4 As Pequenas e Médias Empresas no Brasil

PME's é a sigla utilizada para se referir ao termo "pequenas e médias empresas". A essa sigla está relacionada também a sigla MPE, que faz referência a "micro e pequenas empresas". Ainda dentro deste segmento de PMEs, tem-se o termo EPP referente a "empresa de pequeno porte", o termo ME que significa "microempresa" e a sigla MEI relativa a "micro empreendedores individuais". A classificação é feita pelo número de funcionários e o setor de atuação. Na Tabela 1, tem-se as informações a respeito de como as empresas são classificadas no Brasil.

Tabela 1 – A classificação das PMEs no Brasil[9]

Grupos de Siglas		Nomes	Funcionários		Receita Bruta Anual	Detalhes
			Comércio e Serviço	Indústria		
PMEs	MPEs	Microempreendedor Individual (MEI)	1		Igual ou inferior a R$ 81.000	É a pessoa que trabalha por conta própria e se legaliza como pequeno empresário optante pelo Simples Nacional. Pode possuir um único empregado e não pode ser sócio ou titular de outra empresa
		Microempresa (ME)	Até 9 empregados	Até 19 empregados	Igual ou inferior a R$ 360.000	Sociedade empresária, sociedade simples, empresa individual de responsabilidade limitada e empresário, devidamente, registrados nos órgãos competentes.
		Empresa de Pequeno Porte (EPP)	10 a 49 empregados	20 a 99 empregados	Superior a R$ 360.000 e igual ou inferior a R$ 4.800.000	Não perderá o enquadramento se obter receitas adicionais de até R$ 4.8000.000 referentes à exportação.
	-	Empresa de Médio Porte	De 50 a 99 desempregados	100 a 499 empregados	-	-
-	-	Grandes Empresas	100 ou mais empregados	500 ou mais empregados	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a compreensão das diferentes classificações que as empresas podem possuir, faz se necessário compreender a representatividades PMEs no Brasil. A Tabela 2 a seguir a apresenta a participação delas com relação a sua quantidade, pessoal empregado e valor adicionado ao PIB.

[9] Os resultados podem ser acessados pelo site: http://pmeonline.com.br/o-que-e-uma-pme/ e https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-as-diferencas-entre-microempresa-pequena-empresa-e-mei,03f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD . Acesso em 19 de março de 2021.

Tabela 2 – A representatividade das PMEs no Brasil

Setores	Micro Empresas A	Pequenas Empresas B	MPEs (A+B)	Médias Empresas C	PMEs (A+B+C)	Grandes Empresa D	Total (A+B+C+D)
Número de empresas							
SERVIÇOS	87,0%	11,2%	**98,2%**	0,9%	**99,1%**	0,9%	**100%**
COMERCIO	89,3%	9,9%	**99,2%**	0,5%	**99,7%**	0,3%	**100%**
INDÚSTRIA	79,5%	16,0%	**95,5%**	3,5%	**99,0%**	1,0%	**100%**
Pessoal ocupado							
SERVIÇOS	23,1%	21,0%	**44,1%**	6,6%	**50,7%**	49,3%	**100%**
COMERCIO	40,4%	27,6%	**67,9%**	5,6%	**73,5%**	26,5%	**100%**
INDÚSTRIA	17,4%	24,2%	**41,5%**	24,9%	**66,4%**	33,6%	**100%**
Valor adicionado (PIB)							
SERVIÇOS	21,5%	16,2%	**37,6%**	6,6%	**44,2%**	55,8%	**100%**
COMERCIO	26,0%	28,3%	**54,3%**	8,5%	**62,8%**	37,2%	**100%**
INDÚSTRIA	8,8%	13,2%	**22,0%**	23,4%	**45,4%**	54,6%	**100%**

Fonte: SEBRAE (2014).

É possível perceber que as PMEs possuem uma enorme representatividade no Brasil, desde a sua quantidade, números de trabalhadores até o valor adicionado ao PIB. É importante salientar que em todos quesitos e setores apresentados pela Tabela 4, as MPEs representaram mais de 80% das quantidades das PMEs, evidenciando a importância dos pequenos negócios. No setor agro, a classificação das propriedades rurais é feita de acordo como a renda bruta agropecuária anual, conforme a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – A classificação das propriedades rurais no Brasil

Nomes	Receita Bruta Anual	Detalhes
pequeno produtor	até R$ 360 mil renda bruta agropecuária anual	Nesta categoria se engrada o produtor familiar, no qual, a gestão da propriedade é compartilhada pela família e a atividade produtiva agropecuária é a principal fonte geradora de renda. A definição legal de agricultura familiar consta no Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017.
médio produtor	superior a R$ 360 mil e até R$ 1,6 milhão renda bruta anual;	
grande produtor	superior a R$ 1,6 milhão renda bruta agropecuária anual.	

Fonte: Adaptado de “CLASSIFICAÇÃO PRODUTOR RURAL (2014).

Nesse contexto, sobre os produtores rurais, um indicador que pode ser interessante analisar é o da participação das MPEs do agro no valor adicionado ao PIB, segundo o SEBRAE (2014):

> No setor de indústria, nas atividades da indústria de transformação, a participação foi de 25,7%, em 2011. No setor de serviços, como os serviços auxiliares da agricultura, pecuária e produção florestal em outras atividades de serviços foi de 9,5%, em 2011. Nas atividades primárias, o valor resultante, no ano de 2006 (informação mais atualizada da época), representou cerca de 2,9% do valor adicionado da atividade agropecuária que, no ano em questão, contribuiu com 5,5% da formação do valor adicionado total da economia (..).

Ainda sobre as pequenas propriedades rurais, as de agricultura familiar representam 77% de todas as propriedades rurais do Brasil, cerca de 3,9 milhões estabelecimentos; abrigam 67,1% dos trabalhadores, cerca de 10,1 milhões de pessoas; representam cerca de 23% do valor de toda a produção agropecuária do pais, um valor cerca de valor 107 bilhões, que evidencia a importância desse público no setor agro do Brasil (IBGE, 2017). Sendo mais específico, com relação as pequenas propriedades rurais e familiares, em 2006, elas representavam 2/3 do volume de produção de alimentos no Brasil (HELFAND; RADA; MAGALHÃES, 2017). Apesar de representativas as pequenas propriedades rurais ou familiares, apresentam diversas dificuldades. Por exemplo, apesar do número de propriedades com energia elétrica e do aumento do uso de tração animal ou mecânica no campo, muitas propriedades ainda permanecem sem eletricidade e mais de 30% das propriedades ainda usam o trabalho braçal. Além disso, as limitações tecnológicas e de terra ainda perduram. Tais dificuldades em adotar tecnologias podem ser explicadas pela falta de opções de crédito no mercado para esse público e a falta de assistência técnica (GUANZIROLI; BUAINAIN; SABBATO, 2013).

Além disso, existem grandes diferenças nas regiões brasileiras com relação à adoção de tecnologias por essas propriedades. No sul e sudeste, predominantemente no estado de são Paulo, são onde há os maiores índices de utilização de tecnologias, sendo o nordeste e norte os menores (DE SOUZA et al., 2019). Com relação a opção de crédito para investimentos, programas do governo como o PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar tem ajudado a aumentar a produtividade em todas as áreas do país, especialmente as mais pobres, no entanto, os donos com as maiores terras e maiores atividades comercias têm conseguido mais acesso ao crédito do que os demais. Além disso, tal crédito na maioria trata-se de capital de giro, o que pode fazer com que os produtores queiram reduzir os ricos e consequentemente as inovações (MAIA; EUSÉBIO; DA SILVEIRA, 2019).

2.5 As Barreiras e as Dificuldades das PMEs no Brasil

Como apresentado na seção anterior, as PMEs são muito significativas para o emprego e alimentação no país, no entanto, elas podem ficar de fora dessa revolução 4.0, por exemplo, aponta barreiras para elas, como o estreito portfólio de produtos que elas possuem; o alto valor para adquirir as tecnologias; a turbulência do ambiente de negócios inerente às PMEs, que as impediriam de participar da quarta revolução industrial. O que pode torná-las vítimas em vez de beneficiárias desta revolução (SOMMER, 2015), limitando a sua participação nos próximos anos.

Em algumas empresas já existe uma consciência sobre a relevância do tema, contudo a prontidão e a capacidade delas de enfrentar essa revolução existem em partes e varia de acordo o tamanho da empresa (SOMMER, 2015). Quando utilizadas pelas PMEs, as tecnologias baratas são as mais empregadas enquanto aquelas que permitem profundas transformações ainda são negligenciadas (MOEUF et al., 2018). O tamanho das PMEs e o ambiente que as cercam podem influenciar na maneira como elas desenvolvem as novas capacidades ao negócio através do uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) (NEIROTTI; RAGUSEO; PAOLUCCI, 2018). A incerteza no mercado é um fator que influencia a adoção no curto, médio e longo prazo, a vantagem competitiva no curto prazo e o suporte da alta administração no longo prazo (PRAUSE, 2019).

São diversos os motivos encontrados na literatura como fatores que dificultam a adoção, como a falta de experiência, a mentalidade de curto prazo (MOEUF et al., 2020); a falta de compreensão sobre o que é a Indústria 4.0 e sua importância, a falta de padrões, o foco na operação em vez do desenvolvimento da empresa, mão de obra não qualificada, exigência de educação continuada dos colaboradores (TÜRKEȘ et al., 2019); a falta de recursos financeiros, a falta de apoio especializado na obtenção e implementação dessas novas tecnologias (INGALDI; ULEWICZ, 2020); entre outros. Além disso, qualquer mudança organizacional nesse tipo de segmento pode. No Quadro 3 a seguir, há uma síntese de algumas iniciativas de mudanças organizacional encontrados na literatura e as barreiras e dificuldades relatadas pelos pesquisadores nesses trabalhos que as PMEs tiveram.

Quadro 3 – As barreiras e dificuldades das PMEs em iniciativas de mudança

Nº	TÍTULO DOS TRABALHOS	BARREIRAS E DIFICULDADES APRESENTADOS PELOS TRABALHOS	SÍNTESE DAS BARREIRAS E DIFICULDADES
1	ELECTRONIC COMMERCE AND ITS SOCIO-ECONOMIC IMPLICATIONS IN BRAZILIAN SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES (ODEH; DOS SANTOS MOREIRA; LEITE MADEIRA, 2002)	(…) Desde o incremento das competências da equipe de TI até ao investimento em cursos de especialização, os resultados imediatos parecem estar, antes de mais, relacionados com a dinâmica interna das relações entre os colaboradores (…)	• **Falta de mão de obra qualificada** • **Ambiente organizacional**
2	COMPARATIVE ANALYSIS OF INNOVATIVE ACTIVITY DETERMINANTS IN SELECTED SME'S IN BRAZIL AND POLAND. RESULTS OF EMPIRICAL RESEARCHES (NOREK; ARENHARDT, 2015)	(…) Os resultados apontam o financiamento de projetos inovadores como a maior dificuldade para a efetivação das ações relacionadas à inovação. A falta de recursos e de pessoas qualificadas para a captação desses recursos no mercado prejudica o desenvolvimento de novos produtos e novos processos nas PMEs. Outro fator importante refere-se à falta de controle das empresas quanto ao número de produtos implantados, a rentabilidade desses produtos bem como seu nível de aceitação no mercado. (...) O desafio, porém, está em unir essas forças e transformar seus esforços em resultados práticos (…)	• **Falta de investimentos;** • **Falta de mão de obra qualificada** • **Gestão ineficiente** • **Desunião dos atores.**
3	BARRIERS AND PUBLIC POLICIES AFFECTING THE INTERNATIONAL EXPANSION OF LATIN AMERICAN SMES: EVIDENCE FROM BRAZIL, COLOMBIA, AND PERU. (CARDOZA et al., 2016)	(…) A análise dos dados mostra que o acesso a contratos públicos com governos (locais e / ou nacionais) tem efeito na expansão internacional das PMEs latino-americanas, uma vez que essas empresas têm a oportunidade de subir na curva de aprendizado e se desenvolver, no processo, as competências e capacidades necessárias para competir internacionalmente. Mostra também que as empresas percebem um ambiente de negócios doméstico que não é propício para o desenvolvimento de vantagens competitivas e, portanto, atua como uma barreira para sua expansão internacional; no entanto, algumas empresas superaram essa barreira e expandiram suas operações além das fronteiras de seu mercado doméstico. Por fim, as PMEs com acesso a fontes privadas de financiamento, o que inclui fazer parte de grupos empresariais e receber conhecimentos e habilidades, estão mais bem posicionadas para expandir suas operações no exterior (…)	• **Dificuldade de acesso a contratos públicos** • **Ambiente de mercado não competitivo**
4	LEARNING TO GROW: HOW MICRO AND SMALL ENTERPRISES FROM SANTA CATARINA FACE GROWTH CHALLENGES (ANTONIO DÁVILA; NORTH, 2016)	(…) A pertinência e adequação da metodologia "Aprender a Crescer", que utiliza princípios e técnicas como a roda do crescimento, o papel do Facilitador e o duplo objetivo (de negócio e aprendizagem). A metodologia está orientada à inovação e a geração de vantagens competitivas sustentáveis em PME. O compartilhamento de conhecimento, viabilizado pelas práticas fornecidas pelo projeto e pela confiança existente entre os membros participantes, que possibilitou uma aprendizagem na rede de MPE e também interna em cada empresa. A competência e o alto entrosamento dos parceiros envolvidos na aplicação da metodologia. O SEBRAE/SC, a Ampe-BR e o NGS-UFSC trabalharam em conjunto guiados pelo objetivo de favorecer o crescimento das MPE envolvidas (…)	• **Adequação ao contexto** • **Compartilhamento de conhecimento** • **União dos atores**

Nº	TÍTULO DOS TRABALHOS	BARREIRAS E DIFICULDADES APRESENTADOS PELOS TRABALHOS	SÍNTESE DAS BARREIRAS E DIFICULDADES
5	A REVIEW OF CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF LEAN SIX SIGMA IN MANUFACTURING SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (STANKALLA; KOVAL; CHROMJAKOVA, 2018)	(…) De acordo com as conclusões da avaliação, o "compromisso da gestão de topo" é o CSF mais essencial para a implementação de LSS ou SS nas PMEs da indústria transformadora (...)	• **Compromisso da liderança**
6	ECO-INNOVATION DETERMINANTS IN MANUFACTURING SMES FROM EMERGING MARKETS: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND CHALLENGES (PACHECO *ET AL.*, 2018)	(…) PMEs sobre a proposta do eco inovação as leva a considerar os gastos da eco inovação como um custo e não como um investimento, a cultura imediatista para alcançar resultados rápidos e uma visão de gestão de curto prazo, a baixa consciência das PMEs sobre os benefícios da Eco inovação, a aceitação dos clientes e a consciência sustentável podem ser consideradas as principais barreiras (…)	• **Falta de visão** • **Aceitação dos clientes**
7	ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION PROMOTION IN BRAZIL: SWOT ANALYSIS AND STRATEGIES (ROCHA; CALDEIRA-PIRES, 2019)	(...) sensibilizar e envolver diferentes partes interessadas, aumentando a capacidade técnica e a geração de dados do ciclo de vida, e fortalecendo os programas de EPD para impulsionar o mercado interno (..)	• **Envolver os atores** • **Aumentar capacidade técnica** • **Fortalecimento de programas**
8	OVERCOMING BARRIERS FOR ADOPTING CLEANERPRODUCTION: A CASE STUDY IN BRAZILIAN SMALLMETAL-MECHANIC COMPANIES (LEITE et al., 2019)	(…) Para as PMEs, as mudanças tecnológicas envolvidas podem representar investimentos substanciais, que embora tenham potencial de serem superados com ganhos e economias no processo produtivo, podem demandar algum tempo para o retorno total e isso pode desestimular tais intervenções em pequenos contextos manufatureiros. Eventualmente, as autoridades locais podem considerar estimular o desenvolvimento de soluções de financiamento direcionadas para financiar iniciativas de produção mais limpa em contextos econômicos onde as pequenas empresas são uma parte muito importante do ecossistema (…)	• **Aspectos culturais** • **Dificuldade de investimentos;**
9	THE FINANCING OF SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES: AN ANALYSIS OF THE FINANCING GAP IN BRAZIL (GODKE VEIGA; MCCAHERY, 2019)	(…) constatamos que o déficit de financiamento no Brasil cresceu de forma constante entre 2014 e 2016 (..) sugere que também precisamos explorar como induzir os participantes do mercado a fornecer capital próprio para empresas de alto crescimento (...) portanto, para que as PMEs aumentem seu próprio crescimento, há necessidade de recursos de assistência técnica financiados por terceiros para estimular o investimento por meio de financiamento de capital privado (...)	• **Falta de crédito público e privado** • **Apoio**

Fonte: Elaborado pelo autor

Como apresentado no Quadro 3, a maioria das dificuldades diz respeito a falta de capacidade financeira dessas empresas para possibilitar acesso a recursos, sejam eles materiais, de pessoais ou tecnológicos, para êxito em iniciativas de mudanças. Outras barreiras como a falta de infraestrutura, como as de comunicação e de rede (internet), mão de obra qualificada e a desunião dos atores desse segmento também são apontados.

Apesar dos inúmeros desafios e barreiras enfrentados pelas PMEs, algumas soluções para ajudar na implementação das tecnologias 4.0 também são sugeridas na literatura, como a criação de novas políticas e abertura de editais para apoiar o desenvolvimento tecnológico nesse tipo de empresa (ZAMBON et al., 2019); o desenvolvimento de uma plataforma que visa integrar as PMEs para a realização de ações em conjunto para um desenvolvimento sustentável (INGALDI; ULEWICZ, 2020); a participação ativa dos gestores – quando houver, a depender do tamanho do negócio –, a realização de treinamentos, a obtenção de apoio junto a especialistas externos (MOEUF et al., 2020), entre outros. Além disso, as PMEs possuem alguns fatores que podem facilitar a adoção da Indústria 4.0, como a realidade organizacional menos complexa, a menor dependência tecnológica e a menor barreira à cooperação (HORVÁTH; SZABÓ, 2019).

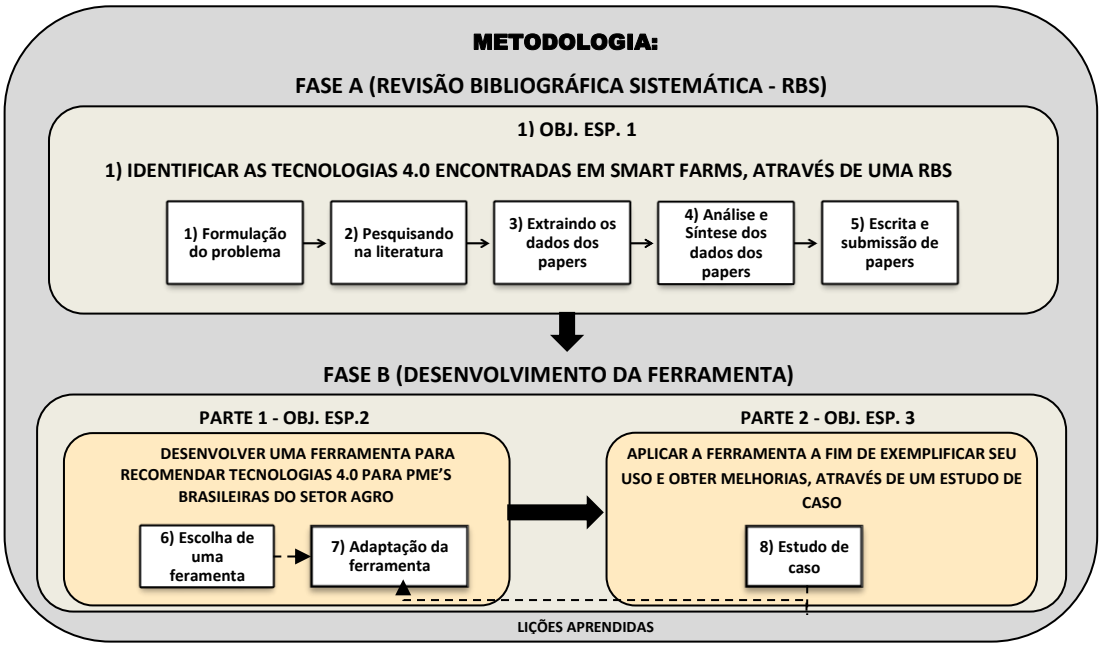
3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia detalhada desta pesquisa, que está dividida em duas partes: FASE A e FASE B, que são explicadas nas seções a seguir. Neste capítulo são apresentados: o modelo de revisão bibliográfica sistemática utilizado, assim como, os critérios de inclusão e exclusão dos *paper*, uma descrição de como a ferramenta proposta foi desenvolvida e o modelo de estudo de caso utilizado.

3.1 Visão Geral da Metodologia

A seguir, tem-se uma visão geral da metodologia deste trabalho que está dividida em duas partes, Fase A e Fase B, cada uma delas relacionada a um dos objetos específicos da pesquisa conforme apresentado na Figura 13 .

Figura 13 – Metodologia da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com relação a figura acima, a Fase A corresponde ao primeiro objetivo específico do trabalho, que visa identificar as tecnologias 4.0 encontradas em ambientes inteligentes no campo, as chamadas *smart farms*. Para se alcançar esse objetivo, este trabalho fez uso do

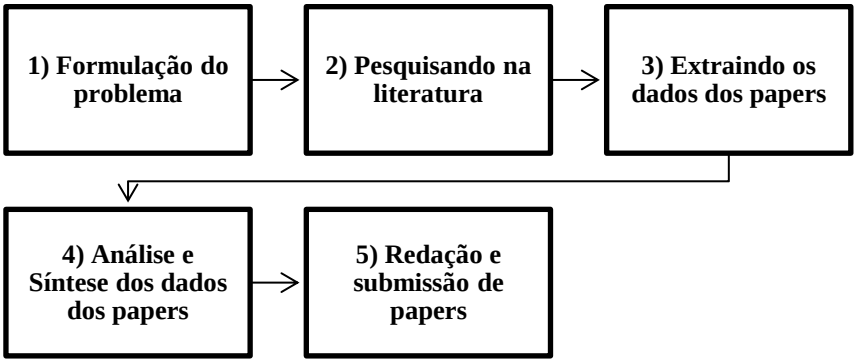
método de revisão bibliográfica sistemática (RBS), uma vez que a RBS permite responder algo de interesse do pesquisador (XIAO; WATSON, 2019), no caso, as tecnologias 4.0. Além disso, através da revisão bibliográfica sistemática, é possível encadear fatos e teorias, dando-lhes uma sequência lógica e se chegar a um sentido ou conclusão para o resultado obtido (NETTO, 2005). Além disso, a RBS contribui para ampliar as fronteiras dos estudos e a preencher lacunas de conhecimento deste assunto que é recente (COOPER, 1984; MARSHALL E ROSSMAN, 1999; CRESWELL, 2007). Ainda a respeito desse tipo de revisão, "pode-se acontecer a análise do conteúdo encontrado, como a elaboração de agrupamentos, esquemas de classificação e tabulações de características para resumir os achados dos estudos selecionados, e chegar a conclusões e / ou recomendações" (PARÉ et al., 2015). O modelo de RBS utilizado foi baseado no trabalho de Templier e Paré (2015) e no trabalho de Conforto, Amaral e Silva (2011), que são explicados no Apêndice A.

Com relação a FASE B, que abrange os objetivos específicos 2 e 3, para se alcançar o objetivo específico 2 optou-se por uma adaptação de uma ferramenta já conhecida na literatura e para o objetivo especifico 3 fez-se uso do método de estudo de caso para o registro e análise das informações obtidas com aplicação da ferramenta adaptada. Mais informações sobre os métodos empregados em cada fase do trabalho são apresentadas nas seções a seguir.

3.2 Fase A – Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS)

Nesta seção, tem-se uma visão geral das atividades realizadas na fase A, relacionada a RBS, conforme a Figura 14. O detalhamento das atividades é explicado no Apêndice A.

Figura 14 – Visão Geral da Fase A - RBS

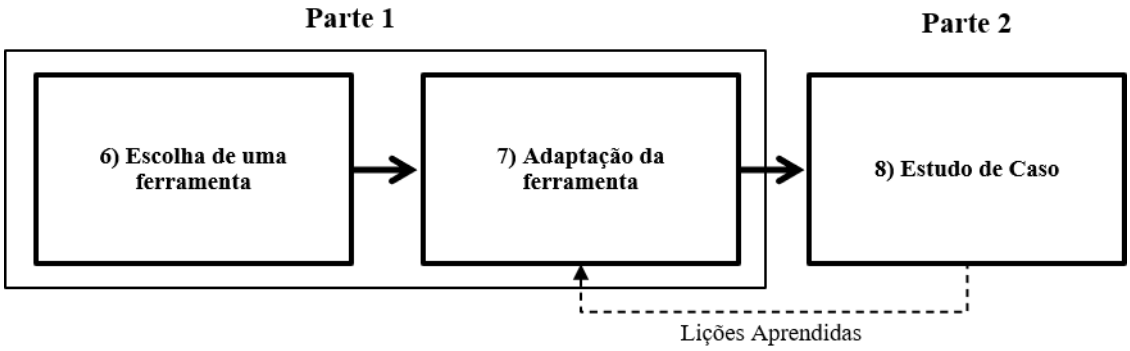


Fonte: Adaptado de Templier, Paré (2015).

3.3 Fase B – Desenvolvimento da Ferramenta

Com o término da Fase A, tem-se o desenvolvimento da Fase B, relacionada ao desenvolvimento de uma ferramenta para recomendar Tecnologias 4.0 para processos organizacionais de uma PME e a realização de um estudo de caso para exemplificar o uso da ferramenta e obter sugestões de melhorias. Na Figura 15, tem-se um resumo das principais atividades realizadas nesta fase.

Figura 15 – Visão Geral da Fase B – Desenvolvimento da Ferramenta



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Fase B foi dividida em 2 partes, a primeira relacionada ao objetivo específico 2 da pesquisa, que visa escolher e adaptar uma ferramenta, e a segunda relacionada ao objetivo específico 3, que visa desenvolver o estudo de caso. As descrições de cada uma das partes dessa fase são fornecidas a seguir.

3.3.1 Parte 1 – Escolha e Adaptação de uma Ferramenta

3.3.1.1. Escolha de uma ferramenta:

Nesta etapa, optou-se por adaptar uma ferramenta[10] já conhecida na literatura que pudesse recomendar as tecnologias 4.0 que considerasse as necessidades da PME. Para isso, optou-se pela escolha e adaptação da ferramenta QFD – Quality Fuction Deployment (Desdobramento da Função Qualidade), uma vez que a mesma desdobra as necessidades do cliente em especificações técnicas para um produto, através de um conjunto de operações que priorizam os requisitos dos clientes e as características do produto mais valiosos em detrimento de outros menos valiosos. Apesar da ferramenta estar atrelada ao desenvolvimento de produtos, ela pode ser adaptada para recomendar tecnologias 4.0 de acordo com as necessidades de uma PME.

O QFD originalmente está situado dentro do TQC (Controle da Qualidade Total), que trata de um sistema de gestão que se divide em planejar, manter e melhorar a qualidade dos processos de uma organização, estando o QFD situado na etapa de planejamento da qualidade. Nesta etapa, o QFD auxilia no desenvolvimento de novos produtos, a fim de garantir a satisfação do cliente e a qualidade do produto durante sua fabricação (CHENG et. al, 1995).

Neste sentido, a ferramenta QFD consiste em um conjunto de desdobramentos utilizando a lógica de causa e efeito, que parte da voz do cliente, ouvindo as suas necessidades e desejos, traduzindo isso em características para o produto até chegar a valores de parâmetros do processo de fabricação. Ao final, obtém-se um conjunto de informações que orientam o desenvolvimento do produto e sua a fabricação (MIGUEL, 2008).

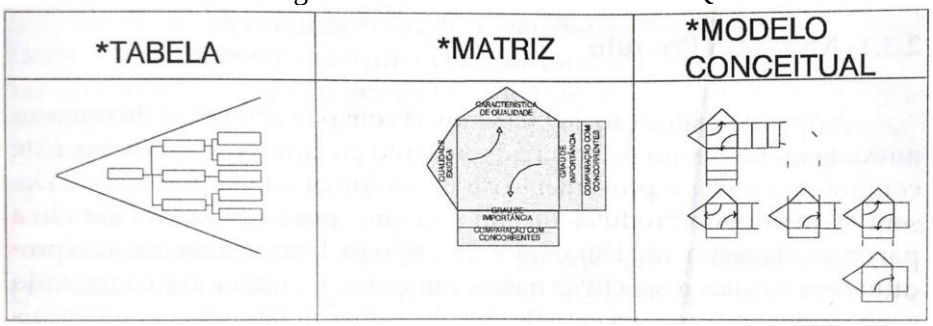
O QFD é formado por duas partes: o QD, conhecida como desdobramento da qualidade, e o QDr, conhecido como desdobramento da função qualidade no sentido restrito. A primeira está relacionada a identificar as características de qualidade que o produto precisa possuir, baseado na voz do cliente, e especificar os componentes ou parâmetros de controle, entre outros, para sua fabricação. Já a segunda, está relacionada a especificar as atividades e funções de trabalho necessárias para se conquistar o primeiro. No entanto, a etapa de desdobramento da Qualidade QD é comumente chamada, de maneira generalizada de QFD, não fazendo uso da parte do trabalho que tornaria a ferramenta mais completa. Tal fato aliado ao constante estudo

[10] Na literatura, o QFD pode ser entendido também como uma Metodologia e não apenas como uma ferramenta.

da ferramenta, fez surgir na literatura diferentes modelos de QFD, partido do modelo completo até aquele que contempla apenas uma das partes do deu seu desdobramento (CHENG et. al, 1995).

As partes que compõem o QFD, as chamadas unidades básicas do trabalho, são compostas, geralmente, por tabelas, matrizes e um modelo conceitual. Conforme a Figura 16.

Figura 16 – As unidades básicas do QFD

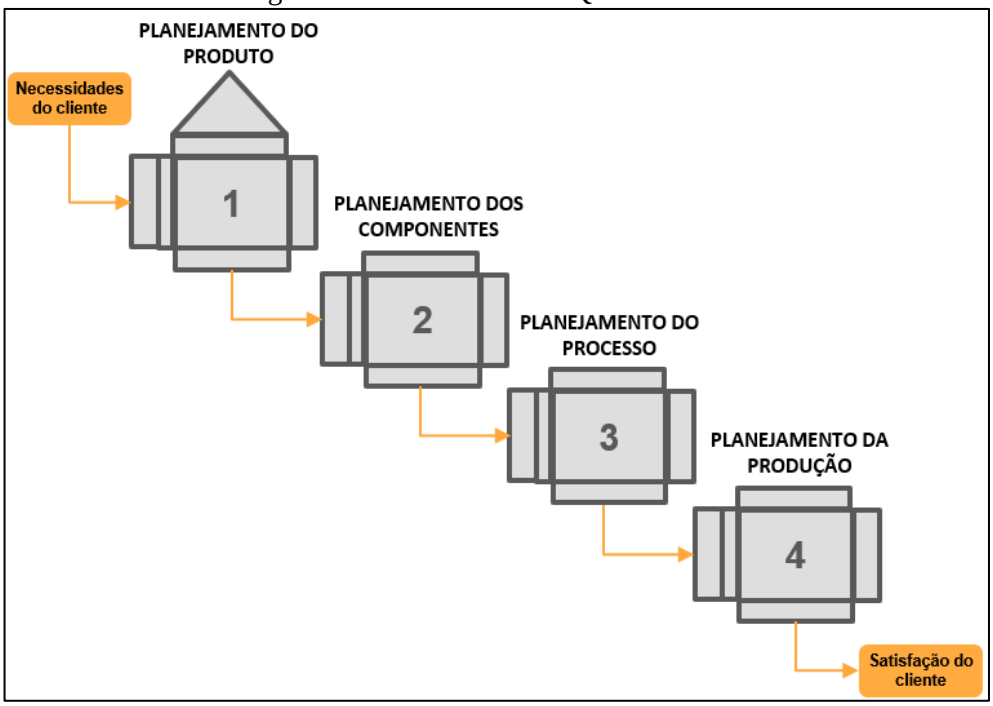


Fonte: Cheng et. al (1995, p.34).

Com relação as unidades básicas, as tabelas tratam-se de um detalhamento de algo em forma de árvore, que pode possuir diferentes níveis de agregação. Por exemplo, pode-se agrupar os requisitos do cliente, por um nível pai que diz respeito a um conjunto de requisitos que são semelhantes entre si. Esse detalhamento em árvore dá origem as tabelas, e elas são representadas nas matrizes e nos modelos conceituais como triângulos. Já as matrizes são obtidas a partir da relação entre 2 ou mais tabelas. Geralmente, é a partir desse momento que ocorrem as operações de priorização (que serão explicadas a seguir) ao relacionar os valores entre as tabelas. Por fim, o modelo conceitual trata da representação visual geral de todas as tabelas e matrizes necessárias para a aplicação da ferramenta, com as indicações dos *inputs* e *outputs* de cada operação (CHENG et. al, 1995).

Para esse trabalho, optou-se pelo QFD das 4 fases proposto por Macabe (1998), por ser um dos QFD mais simples encontrados na literatura. Neste modelo também ocorre o desdobramento de maneira sucessiva como explicado acima, de forma que o resultado de uma matriz se torna entrada para a próxima, indo do desenvolvimento do produto ao planejamento da produção. Uma visão geral desse QFD é apresentada na Figura 17:

Figura 17 – Visão Geral do QFD das 4 Fases



Fonte: Elaborado pelo autor.

As etapas especificas para esse QFD seriam, segundo Miguel (2008):

a) 1ª etapa: Desdobrar os requisitos dos clientes em características de qualidade do produto;
b) 2ª etapa: Desdobrar as características da qualidade do produtor em características dos componentes;
c) 3ª Etapa; desdobras as características dos componentes em caraterísticas do processo;
d) 4º Etapa: Desdobrar as caraterísticas do processo em caraterísticas de produção;

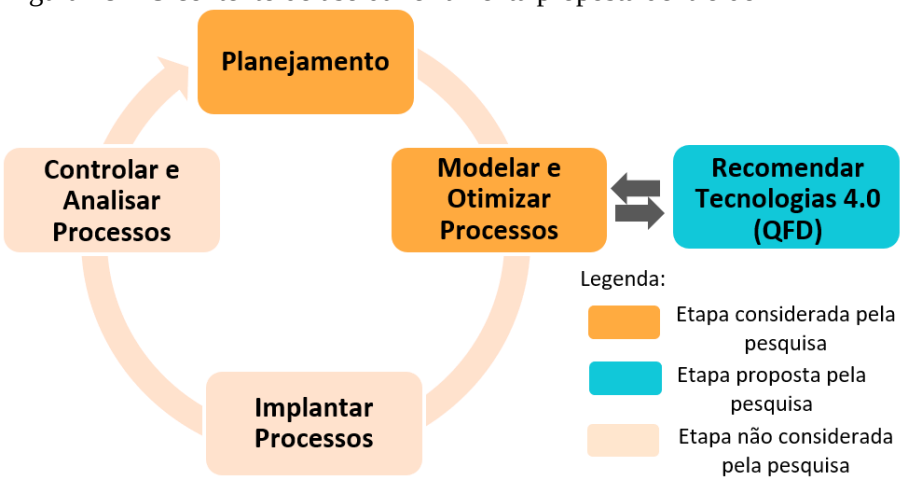
Ao final, obtém-se um desdobramento que contribui para o planejamento do produto, dos seus componentes e dos processos de fabricação envolvidos.

3.3.1.2. Adaptação da ferramenta:

Nesta seção, explica-se como ocorreu a adaptação da ferramenta para o contexto e objetivo da pesquisa.

A primeira grande adaptação diz respeito ao objetivo do QFD que passa de priorizar as características de um produto durante o seu desenvolvimento para recomendar tecnologias 4.0 para um processo organizacional de uma PME considerando suas necessidades. Nesse sentido, primeiramente, faz-se importante situar o leitor a respeito do contexto para aplicação dessa nova ferramenta proposta, uma vez que a mesma está relacionada a processos organizacionais e não ao desenvolvimento de produtos. Nesse contexto, esta pesquisa compreende que a ferramenta poderia ser utilizada dentro de um Sistema de Gerenciamento de Processos, o BPM – *Business Process Management*, que trata de "uma abordagem disciplinada para identificar, desenhar, executar, documentar, implantar, medir, monitorar, controlar e melhorar processo de negócios com o objetivo de alcançar resultados consistentes e alinhados com as estratégias de uma organização (BALDAM, VALLE, ROZENFELD, 2014, p. 4), bastante conhecida na literatura. Com isso, a ferramenta poderia ser empregada na etapa de modelagem e otimização de processos, recomendando a implementação de certas tecnologias 4.0 para melhoraria desses processos. A Figura 18 ilustra o contexto de uso idealizado pela pesquisa para uso da ferramenta desenvolvida dentro do BPM.

Figura 18 – O contexto de uso da ferramenta proposta dentro do BPM



Fonte: Elaborado pelo autor.

O BPM pode ser resumido em 4 grandes etapas, conforme apresentado em laranja na figura acima. Porém, faz importante mencionar que este trabalho não aborda as etapas de implementação e nem a de controle e análise dos processos, etapas existentes no BPM, limitando a ferramenta apenas a indicação de quais tecnologias poderiam ser utilizadas, durante

a fase de modelar e otimizar os processos do BPM. No entanto, convém informar que em todas as fases de um BPM produz-se informações que podem ser usadas para o preenchimento da ferramenta ou que os resultados obtidos com a ferramenta podem ser usados, em certo grau, por todas as etapas do BPM.

Após o exposto sobre o objetivo da ferramenta e seu contexto de uso, faz-se importante explicar as alterações proposta para o QFD, por isso, no Quadro 4, tem-se um resumo das alterações feitas no QFD das 4 fases e os motivos para essas alterações.

Quadro 4 – Adaptações realizadas no QFD das 4 fases

Nº	Tipo da Alteração:	Alteração	Motivos
1	Adição	Roteiros	Auxiliar na obtenção das informações e no preenchimento da ferramenta
2	Retirado	Etapa de Conversão	Fora do escopo da pesquisa
3	Adição	Lista de Tecnologias 4.0	Entrada necessária para iniciar o preenchimento da Matriz 1
4	Retirado	Análise dos Concorrentes	Fora do escopo da pesquisa
5	Adição	Análise de Requisitos das Tecnologias 4.0	Verificar a presença de algum impedimento para o uso das tecnologias 4.0
6	Adição	Tabela Auxiliar – Requisitos das Tecnologias 4.0	Auxiliar no preenchimento da Análise de Requisitos das Tecnologias 4.0
7	Adição	Análise da Tecnologia Planejada	Caso haja algum impedimento para o uso das tecnologias, verificar se o cliente planeja superá-lo
8	Modificação	Priorização da entrada e saídas de cada Matriz	A fim de se priorizar o que irá para a próxima matriz, ao final das matrizes 1 e 2 são calculados os pesos absolutos e relativos, evidenciando o seu grau de importância dentro da análise para facilitar a escolha
9	Retirada	Matriz “Planejamento de Componentes”	Fora do escopo da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir as alterações apresentadas no quadro acima são explicadas nos tópicos abaixo.

ALTERAÇÃO DAS MATRIZES OPERAÇÕES DO QFD ORIGINAL

Com relação as operações de preenchimento, com a adição da Lista de Tecnologias 4.0 à primeira matriz, houve a retirada da etapa de conversão (alteração de nº 2), operação essa que traduzia os requisitos do cliente em características do produto, comumente utilizado na primeira matriz do QFD original, mas que está fora do escopo desta pesquisa. Outra alteração diz respeito a análise de concorrentes, que permitia avaliar e comparar as características do produto dos concorrentes com os do cliente, comumente utilizada também na primeira matriz do QFD original, ela foi retirada uma vez que no contexto da ferramenta seria difícil realizar uma análise de tecnologias internas de outras empresas.

Além disso, houve a adição, ao final da primeira matriz, de uma análise que visa verificar a presença ou não de algum impedimento para o uso das tecnologias priorizadas (alteração de nº 5). Ainda para corroborar com a análise de viabilidade, uma outra análise é sugerida dentro da análise dos requisitos, que é a alteração de nº 7 - Análise da Tecnologia Planejada", no qual a PME informa, caso haja algum impedimento para o uso das tecnologias, se ela planeja superá-lo ou não. Essa alteração tem o objetivo de que, ao final da primeira matriz, tenha-se o conhecimento se as tecnologias priorizadas serão possíveis de serem aplicadas ao processo ou não. Isso é importante porque apenas com a possibilidade de ser atender aos requisitos das tecnologias priorizadas é que se pode continuar com o preenchimento do QFD.

Uma outra alteração importante foi a retirada da matriz 2 "Planejamento de Componentes" proposta pelo QFD de 4 fases, uma vez que ela não contribui diretamente para o objetivo proposto por este trabalho. Porém, as demais matrizes, as de planejamento de processos e de planejamento da produção, permanecem no desdobramento.

Com isso, a primeira matriz do QFD original sofre a maioria das adaptações e as demais matrizes permanecem em sua essência semelhantes ao QFD original. No entanto, para os resultados obtidos ao final de cada matriz uma alteração é proposta, é sugerido um olhar de priorização, por isso, adicionou-se a alteração nº 8 "Priorização da entrada e saídas de cada Matriz", no qual sempre são calculados os pesos absolutos e relativos dos itens avaliados, evidenciando o seu grau de importância dentro da matriz, a fim de facilitar a escolha dos itens que serão levados para as próximas matrizes.

TABELA AUXILIAR PARA O PREENCHIMENTO DA FERRAMENTA

Com adição da alteração nº 5 “Análise de Requisitos das Tecnologias” cujo objetivo é verificar a presença de algum impedimento para o uso das tecnologias 4.0, percebeu-se a necessidade, então, de se criar uma tabela para ajudar no preenchimento dessa análise. Para isso, uma tabela auxiliar foi desenvolvida a partir dos estudos obtidos com a RBS desta pesquisa e validada por um professor da área tecnológica. Essa tabela, chamada de Tabela Auxiliar – Requisitos de Tecnologias 4.0, indica a frequência (nunca, quase nunca, às vezes, quase sempre e sempre) da necessidade de seis requisitos para as 12 tecnologias identificadas. Os requisitos propostos foram: necessidade de adaptação no processo, de ação constante do usuário, de internet, de integração com outros sistemas, dispositivos, máquina, de alto investimento e se é intuitivo. No Apêndice H, tem-se a tabela construída.

ROTEIROS PARA OBTER INFORMAÇÕES E GUIAR O PREENCHIMENTO

Diante da proposta de uma nova ferramenta por esta pesquisa, verificou-se a necessidade de se desenvolver roteiros ou *scripts* que auxiliassem na obtenção e no preenchimento das informações do QFD. Para isso, foram desenvolvidos 8 roteiros compostos por perguntas-chave que auxiliam na aplicação da ferramenta, como indicado na alteração nº 1 no Quadro 4. O Quadro 5 apresenta um resumo do conteúdo de cada roteiro e em qual etapa do BPM eles poderiam ser utilizados. O conteúdo de cada roteiro pode ser encontrado no Apêndice I.

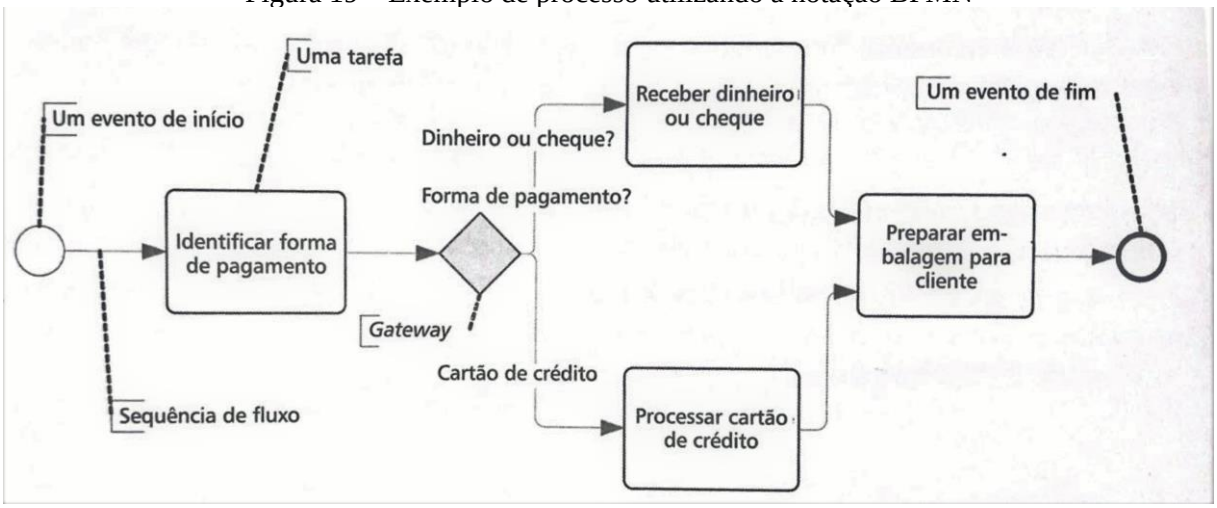
Quadro 5 – Os 8 roteiros para a aplicação da ferramenta proposta

Nº	Etapa no BPM	Roteiro	Conteúdo
1	Planejamento	Roteiro 1	Apresentação e Carta de Aceite
2	Planejamento	Roteiro 2	Contexto Organizacional
3	Mapeamento	Roteiro 3	Mapeamento do Processo – Parte A
4	Mapeamento	Roteiro 4	Mapeamento do Processo – Parte B
5	Mapeamento	Roteiro 5	Mapeamento do Processo – Parte C
6	Recomendação	Roteiro 6	Apresentação das Tecnologias
7	Recomendação	Roteiro 7	Aplicando o QFD
8	Recomendação	Roteiro 8	Feedback da aplicação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em particular para os roteiros 3, 4 e 5, a fim de se sintetizar os dados relativos ao processo organizacional estudado, optou-se por criar mapas de processos fazendo uso da notação BPMN (*Business Process Modeling Notation).* Segundo (VALLE; BARBARA DE OLIVEIRA, 2009). Tal notação é um padrão reconhecido internacional de fácil compreensão, que pode ser utilizada por qualquer pessoa de uma organização. Essa notação possui elementos visuais de representação de processos bem expressivos, que permite apresentar um mapeamento de maneira universal. Um exemplo de processo fazendo uso dessa notação é apresentado na Figura 19.

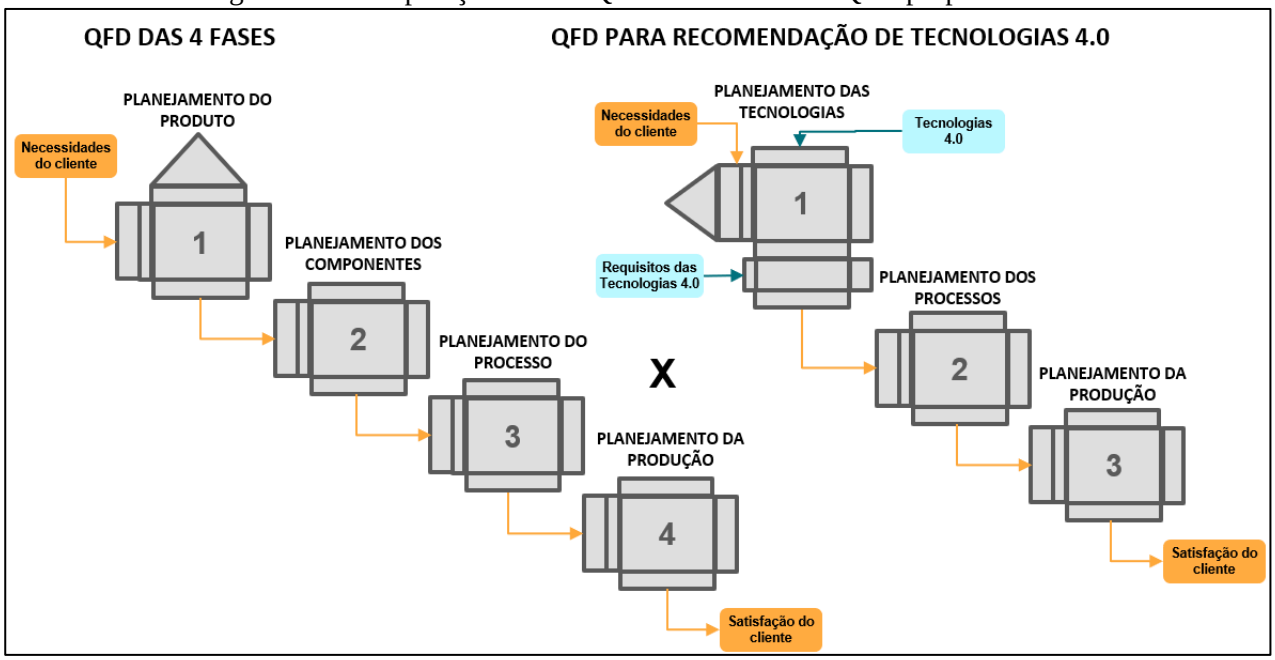
Figura 19 – Exemplo de processo utilizando a notação BPMN



Fonte: Valle e Oliveira (2009, p. 79).

Diante da apresentação e explicação feitas acerca das alterações propostas para o QFD, tem-se na Figura 20 uma comparação entre o QFD das 4 fases com o QFD proposto por esta pesquisa.

Figura 20 – Comparação entre o QFD das 4 Fases e o QFD proposto



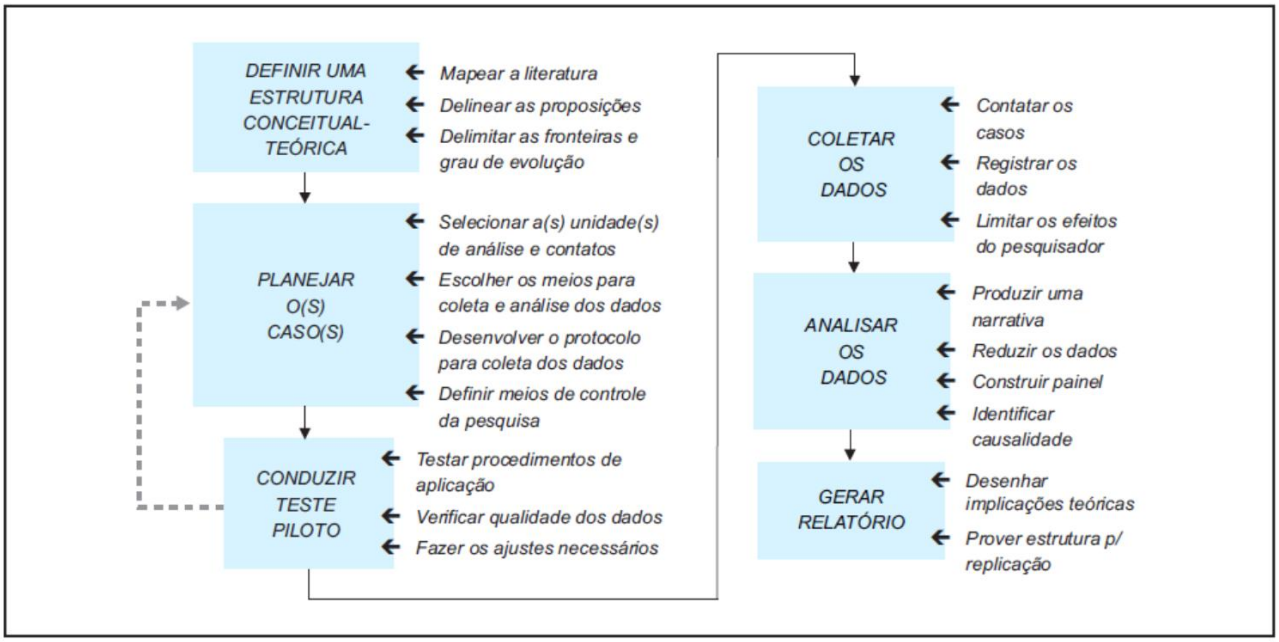
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, ao final, com o preenchimento das 3 matrizes propostas, tem-se a recomendação das tecnologias 4.0 mais importantes para as necessidades de uma PME, a indicação de quais processos tais tecnologias poderiam ser mais benéficas e uma lista de parâmetros de controle dos processos para garantir a qualidade do processo. Como sugestão deste trabalho, essa nova ferramenta passaria a ser chamada de QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0. Na seção 4.3, apresentamos em detalhes as atividades e operações necessárias para o preenchimento da ferramenta desenvolvida, como forma de apresentar os resultados obtidos nesta seção com o desenvolvimento da ferramenta. Além disso, nos apêndices D, E, F e G é possível encontrar uma visão geral da ferramenta e a estrutura de cada matriz.

3.3.2 Parte 2 – Estudo de Caso

Nesta seção, explica-se como o estudo de caso foi realizado. Para isso, escolheu-se a abordagem de estudo de caso sugerido por Miguel (2007), que permitiria coletar essas informações e depois analisá-las, gerando melhorias que poderia ser incorporada a ferramenta. Na Figura 21, tem-se a representação da abordagem que foi utilizada e, a seguir, tem-se uma descrição das principais etapas envolvidas.

Figura 21 – Etapas de um Estudo de Caso



Fonte: Miguel (2007).

Conforme proposto por Miguel (2007), as etapas de um estudo de caso são compostas: primeiramente pela definição de uma estrutura que delimita as fronteiras do estudo de caso, em seguida ocorre a etapa de planejamento, no qual se define quais objetos e variáveis serão observados e coletados, assim como, a forma de registro dessas informações. Em seguida, tem-se a condução de um teste piloto para validar os procedimentos e ferramentas escolhidas. Em seguida, ocorre a coleta de dados e por fim tem-se as análises dos dados obtidos e uma síntese das conclusões obtidas.

Diante do método escolhido, o estudo de caso foi realizado em um processo de produção de queijo artesanal de um pequeno produtor rural do Vale do Paraíba do estado de São Paulo. Diante da pandemia de Covid-19, optou-se por fazer a coleta dos dados de maneira virtual através de entrevistas por videoconferência ou telefone. Nesse contexto, o estudo de caso foi delimitado apenas ao processo produtivo de queijo artesanal do produtor por ser o processo chave do negócio, excluindo outros processos como a compra de matéria prima, comercialização e venda dos produtos. Na etapa de planejamento do caso, escolheu-se fazer uso dos 8 roteiros desenvolvidos (apresentados na seção 3.3.1) para obter as informações para o preenchimento do QFD para Recomendação de Tecnologias 4.0. Na etapa da condução do estudo de caso, foram realizadas ao total 7 entrevistas virtuais, no período de 19 de agosto de

2021 a 14 de outubro de 2021, com duração de 1h a 2h em média. Por fim, a análise e a síntese dos dados obtidos são apresentadas na seção 4.4 deste trabalho.

Com relação as informações obtidas, a entrevista com o pequeno produtor rural teve somente o objetivo de obter informações a respeito do negócio dele e a respeito do uso da ferramenta desenvolvida por esta pesquisa, a fim de aperfeiçoá-la. Nesse contexto, nenhuma informação que pudesse prejudicar o pequeno produtor ou ocasionar quaisquer tipos de danos a ele foram obtidas. Além disso, um Termo de Consentimento (Apêndice M) e outro de Confidencialidade (Apêndice L) foram aplicados, a fim de se resguardar os interesses de ambas as partes.

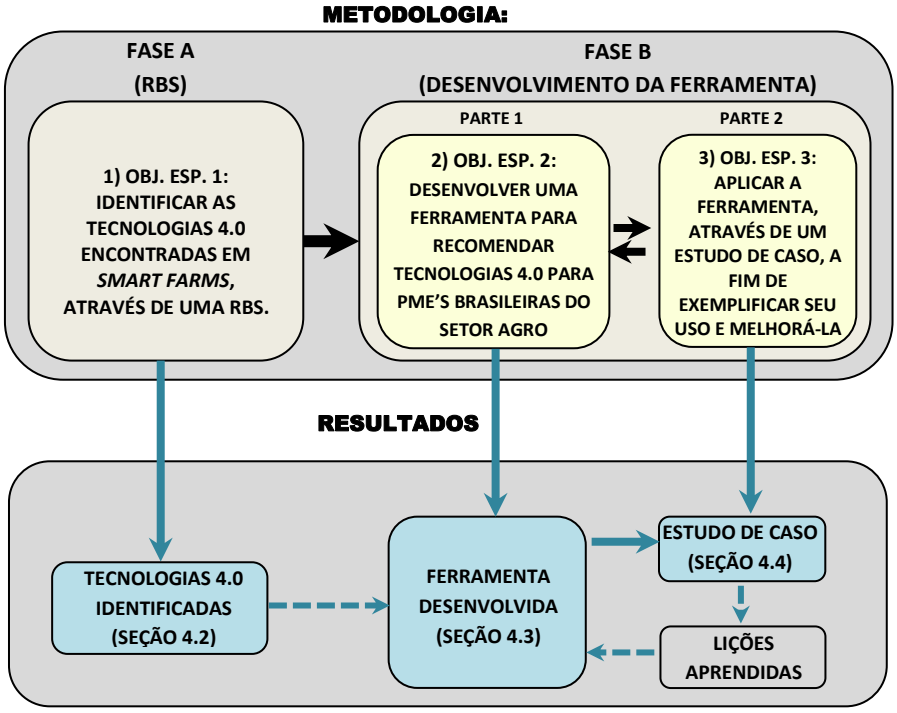
Durante o desenvolvimento desta pesquisa, um website para divulgação deste trabalho foi desenvolvido e está disponível no endereço eletrônico abaixo: https://sites.google.com/usp.br/technologiesofsmartfarms. O site da pesquisa também pode ser acessado pelo QR CODE do Apêndice J.

4 RESULTADOS

4.1 Visão Geral dos Resultados

A Figura 22 apresenta uma visão geral de todos os resultados obtidos nesta pesquisa. A seguir, os resultados alcançados em cada fase da metodologia são apresentados.

Figura 22 – Visão Geral dos Resultados



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 Resultados da Fase A - As Tecnologias 4.0 das *Smart Farms* (RBS)

A seguir são apresentados os resultados obtidos na Fase A, cujo objetivo foi o de identificar as Tecnologias 4.0 encontradas nas *smart farms* da literatura, a partir de uma RBS.

4.2.1 Visão Geral da RBS (Tecnologias 4.0 das *Smart Farms*)

A fim de se identificar as Tecnologias 4.0, uma revisão bibliográfica sistemática (RBS) sobre as *smart farms* foi realizada nos seguintes portais de buscas: Web of Science (Coleção Principal), IEEE Explorer Library, Scopus e ACM Digital, usando os termos e operadores de busca nos títulos dos *papers* de acordo com a Tabela 4.

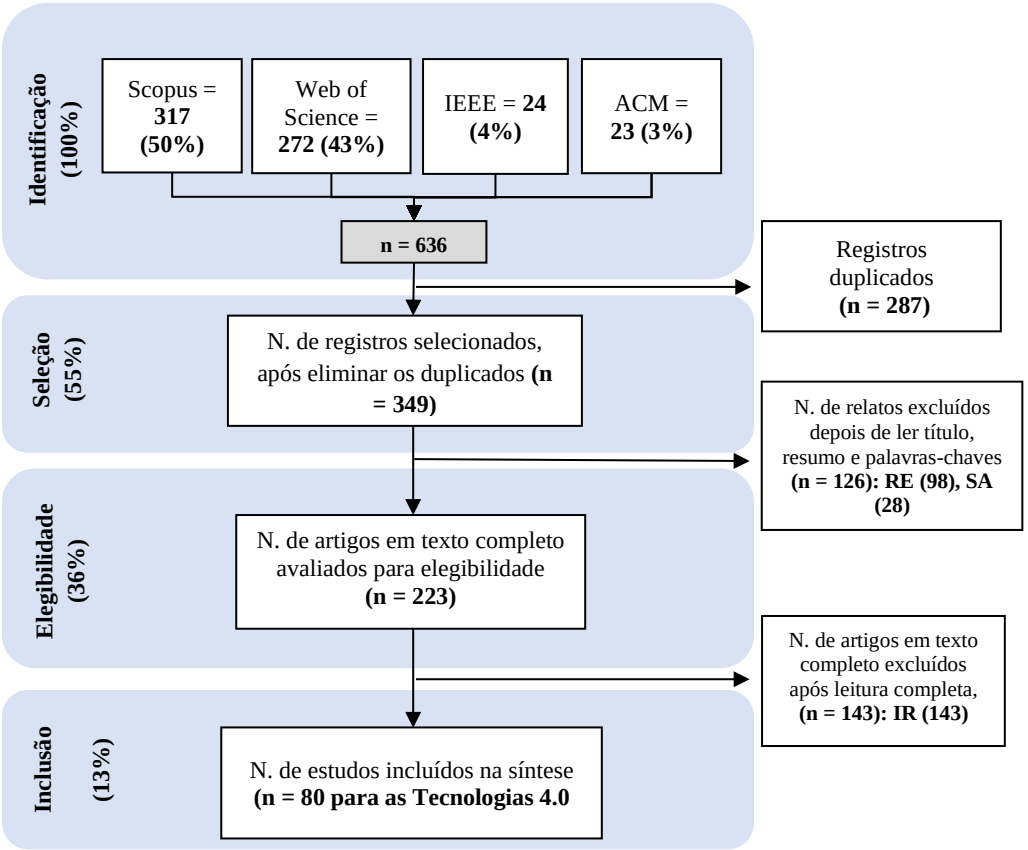
Tabela 4 – Os termos e operadores de busca da RBS (*Smart Farms*)

Termos	**Operadores**	***String***
Smart Farm, Smart Farming, Digital Agriculture, Smart Agriculture, Agriculture 4.0, Farming 4.0, Digital Farming, Digital Farm	OU	Título: ("Smart Farm" OU "Smart Farming" OU "Digital Agriculture" OU "Smart Agriculture" OU "Agriculture 4.0" OU "Farming 4.0" OU "Digital Farming" OU "Digital Farm")

Fonte: Elaborado pelo autor.

Optou-se pelo uso de termos mais amplos relacionados às *smart farms*, e não restritas a termos ligados a apenas algumas tecnologias, a fim de se coletar uma maior quantidade de trabalhos. Nessa revisão apenas artigos revisados por pares e em inglês foram selecionados. Além disso, não se aplicou nenhum filtro com relação ao período de publicação e as buscas se restringem ao final de 2020. Para orientar a seleção dos *papers*, uma questão de pesquisa foi definida: Quais são as T4.0 presentes em fazendas inteligentes (*smart farms*)? Uma visão geral do fluxo da seleção dos *papers*, baseada no Protocolo Prisma (LIBERATI et al., 2009), é mostrado na Figura 23 e explicado abaixo.

Figura 23 – Visão Geral da RBS sobre *Smart farms*

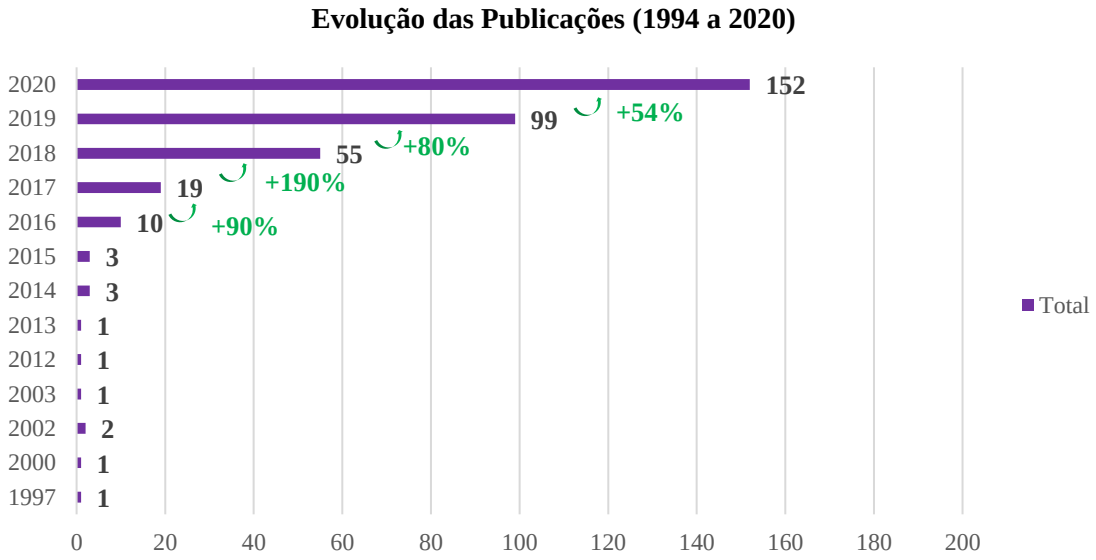


Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme é possível perceber na Figura 23, 636 registros foram encontrados a partir da *string* proposta. Desse total, 287 eram *papers* duplicados, restando 349 artigos para se ler o título, o resumo e as palavras-chaves, a fim de se identificar se esses registros atendiam aos critérios de inclusão ou não. Desses 349, 126 artigos não atendiam aos critérios e foram excluídos na etapa de seleção, pelos seguintes motivos: RE – Relação Errada (98) e SA-Sem Acesso ao Texto (28). Os 223 demais avançaram para a etapa de elegibilidade, no qual foram lidos na íntegra. Desses 223, apenas 80 foram incluídos na seleção final da revisão, porque os demais 143 não respondiam à pergunta de revisão de maneira adequada, e nesse caso não apresentavam modelos de *smart farms*. Dos 80 artigos selecionados, todos apresentavam uma ou mais Tecnologias 4.0 aplicáveis às *smart farms*. No Apêndice B, tem-se mais informações acerca dos *papers* selecionados e excluídos dessa revisão.

A seguir, uma análise bibliométrica foi realizada a partir do *papers* encontrados e selecionados. O Gráfico 3, apresenta a evolução no número de publicações.

Gráfico 3 – A evolução ao longo dos anos do número de publicações sobre *Smart Farms*



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível perceber que desde o ano de 1997 foi possível localizar trabalhos que tratavam do assunto desta revisão. Um destaque para os anos a partir de 2016, no qual se tem um aumento expressivo no número de publicações. Com relação aos veículos de publicação dos *papers*, o *jornal* ***Sensors*** foi o que mais retornou resultados para a *string* utilizada, com 12 publicações, conforme é possível ver na Tabela 5.

Tabela 5 – Os periódicos dos papers selecionados (*Smart Farms*)

Ranking	**Periódicos**	**Nº de *papers***	**% do total**
1	Sensors	12	**5%**
2	Computers and electronics in agriculture	9	**4%**
2	International journal of recent technology and engineering	8	**4%**
3	Ieee access	8	**4%**
4	International journal of innovative technology and exploring engineering	7	**3%**
4	International journal of advanced computer science and applications	7	**3%**
5	International journal of scientific & technology research	5	**2%**
(...)	(...)	(...)	**(...)**
Total		348	**100%**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação as palavras-chaves que apareceram nos *papers*, as 20 palavras mais encontradas nos trabalhos foram "*Internet of Things", "Smart Farming", "Smart Agriculture", "wireless sensors network" e "Agriculture"*. O destaque está nas palavras-chave *cloud, machine*

learning, *deep learning*, *artificial intelligence*, *big data*, *fuzzy* que estão associadas a infraestrutura e tecnologias encontradas nesses modelos inteligentes do campo. Veja na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – As palavras-chave dos *papers* selecionados (*Smart Farms*)

Nº	Palavras-chave	Ocorrências
1	*internet of things*	92
2	*smart farming*	53
3	*smart agriculture*	48
4	*wireless sensors network*	28
5	*agriculture*	23
6	*precision agriculture*	15
7	*sensors*	20
8	*smart farm*	11
9	*cloud*	10
10	*deep learning*	10
11	*convolutional neural network*	9
12	*digital agriculture*	8
13	*artificial intelligence*	7
14	*big data*	7
15	*edge computing*	7
16	*automation*	6
17	*decision making*	6
18	*image processing*	6
19	*machine learning*	6
20	*fuzzy logic*	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 As Tecnologias 4.0 identificadas nas *Smart Farms* (RBS)

A seguir, na Tabela 7, tem-se uma síntese das tecnologias 4.0 encontradas nas *smart farms* dos *papers* selecionados pela RBS.

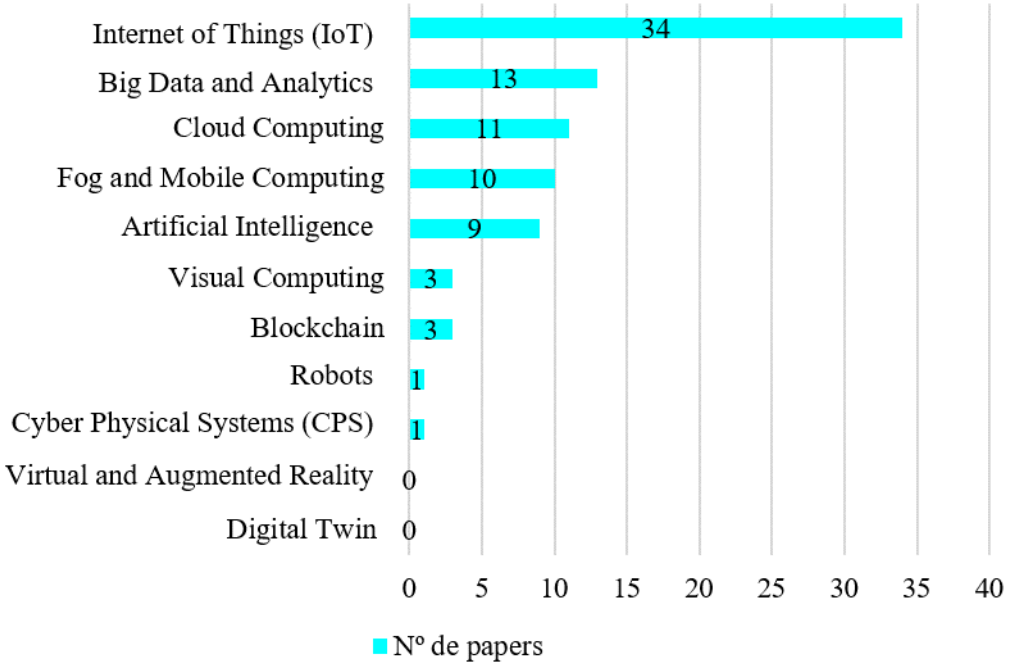
Tabela 7 – As Tecnologias 4.0 encontradas nos *papers* sobre *Smart Farms* (RBS)

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI)	BIG DATA ANDANALYTICS	BLOCKCHAIN	CLOUD COMPUTING	CYBERPHYSICAL SYSTEMS (CPS)	DIGITAL TWIN	FOG AND MOBILE COMPUTING	INTERNET OF THINGS (IoT)	ROBOTS	VIRTUAL REALITY AND AUGMENTED REALITY	VISUAL COMPUTING
(IONG-ZONG CHEN; HENGJINDA, 2019);(LEE et al., 2019) (BU; WANG, 2019) ;(QUIROZ; ALFÉREZ, 2020);(JIANG et al., 2020);(YANG et al., 2019);(NAWANDAR; SATPUTE, 2019);(SRI HEERA et al., 2019) (RAMAKRISHNA et al., 2019) (MUNIRAJ; ARULMOZHIYAL, 2018)	(PLAZAS et al., 2019);(KHOA et al., 2019);(SEKARAN et al., 2020) (MEKALA; VISWANATHAN, 2019);(VIANI, 2016);(KALE; SONAVANE, 2019);(MEKALA; VISWANATHAN, 2020);(GULEC; HAYTAOGLU; TOKAT, 2020);(PATIL; SAKKARAVARTHI, 2017);('Smart Agriculture Irrigation Control Using Wireless Sensor Networks, GSM and Android Phone', [s.d.]) (WIANGSAMUT; CHOMPHUWISET; KHUMMANEE, 2019) (AWAN et al., 2020b);(LIN et al., 2021)	(HUSSAIN AWAN, 2019) (AWAN et al., 2020c) (AWAN et al., 2020c)	(SYMEONAKI; ARVANITIS; PIROMALIS, 2020);(JAVED MEHEDI SHAMRAT et al., 2020);(YANG et al., 2018);(COLEZEA et al., 2018) (KIM; LEE; SHIN, 2018) ;(SEKARAN et al., 2020);(SUBASHINI et al., 2018a) (MALIK et al., 2020) ;(CALUGARU et al., 2019);(RAMAKRISHNA et al., 2019) (AWAN et al., 2020a)	(MUSAT et al., 2018);(GU et al., 2017)		(BELANCHE et al., 2019); (BRAUN; CARBON; NAAB, 2016);(ZHANG et al., 2020);(LI et al., 2020);('AgriFog-A Fog Computing based IoT for Smart Agriculture', [s.d.]); (KUMMAR et al., 2019) ;(YOON; KIM, 2014);(ZAMORA-IZQUIERDO et al., 2019);(SINHA; SHRIVASTAVA; KUMAR, 2019);(XUE-FEN et al., 2018)	(ALIEV et al., 2018);(TOUSEAU; LE SOMMER, 2019);(VERMA; RAJESH; VINCENT, 2020);('A model for smart agriculture using IOT | Request PDF', [s.d.]);(NARESH; MUNASWAMY, 2019);(JAYARAMAN et al., 2016);(MUANGPRATHUB et al., 2019);(BOONCHIENG; CHIEOCHAN; SAOKAEW, 2018);(SU; DING; CHUNG, 2020);(AL-ALI et al., 2020);(GARUD; MANE, 2019);(ZAINAL et al., 2019a) (SHAHZADI et al., 2016);(IM et al., 2018); (SALAM, 2019);(JAWAD et al., 2020);(RAMLI et al., 2020);(PECSON et al., 2018);(KHOA et al., 2019);(TRILLES; GONZÁLEZ-PÉREZ; HUERTA, 2020);(RAO et al., 2019);(GURNULE, 2019);(HAPPILA et al., 2020);(BOONNAM et al., 2017) (RUBANGA; HATANAKA; SHIMADA, 2019);(CODELUPPI et al., 2020);(SAQIB; ALMOHAMAD; MEHMOOD, 2020);(PISANU et al., 2020) (HASEEB et al., 2020) ; (BRUN-LAGUNA et al., 2018);(HASEEB et al., 2020); (AROOJ; ASIF; ZEESHAN, 2017) ;(TRILLES; GONZÁLEZ-PÉREZ; HUERTA, 2018);	(MUKHERJEE et al., 2020)		('Satellite and Aerial Image Processing for Smart Farming and Biodiversity Conservation', [s.d.]) (SA et al., 2018); (LEE; LEE, 2020)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A fim de sintetizar os dados da tabela acima, no Gráfico 4 tem-se uma soma das tecnologias 4.0 encontradas nos trabalhos selecionados pela revisão, mais de uma tecnologia apareceu em um mesmo trabalho.

Gráfico 4 – Nº de *papers* encontrados para cada Tecnologia 4.0 identificada



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados obtidos, pode-se perceber que as três tecnologias mais encontradas nas *smart farms* da literatura foram: a Internet das Coisas, *Big Data e Analytics e Cloud Computing*. No entanto, a Realidade Virtual e Aumentada, e *Digital Twin*, apesar de elas serem citadas na literatura como tecnologias aplicáveis às *smart farms*, nenhuma das 80 fazendas inteligentes identificadas no trabalho as apresentaram. Diante disso, é importante ressaltar que o recorte realizado pelo pesquisado pode ter ocasionado a exclusão de inúmeras outras tecnologias 4.0 que já se sabe estar relacionadas à Indústria 4.0. Além disso, não foram identificadas tecnologias relevantes de dimensão biológica, apesar de serem mencionadas na literatura como presentes na Indústria 4.0.

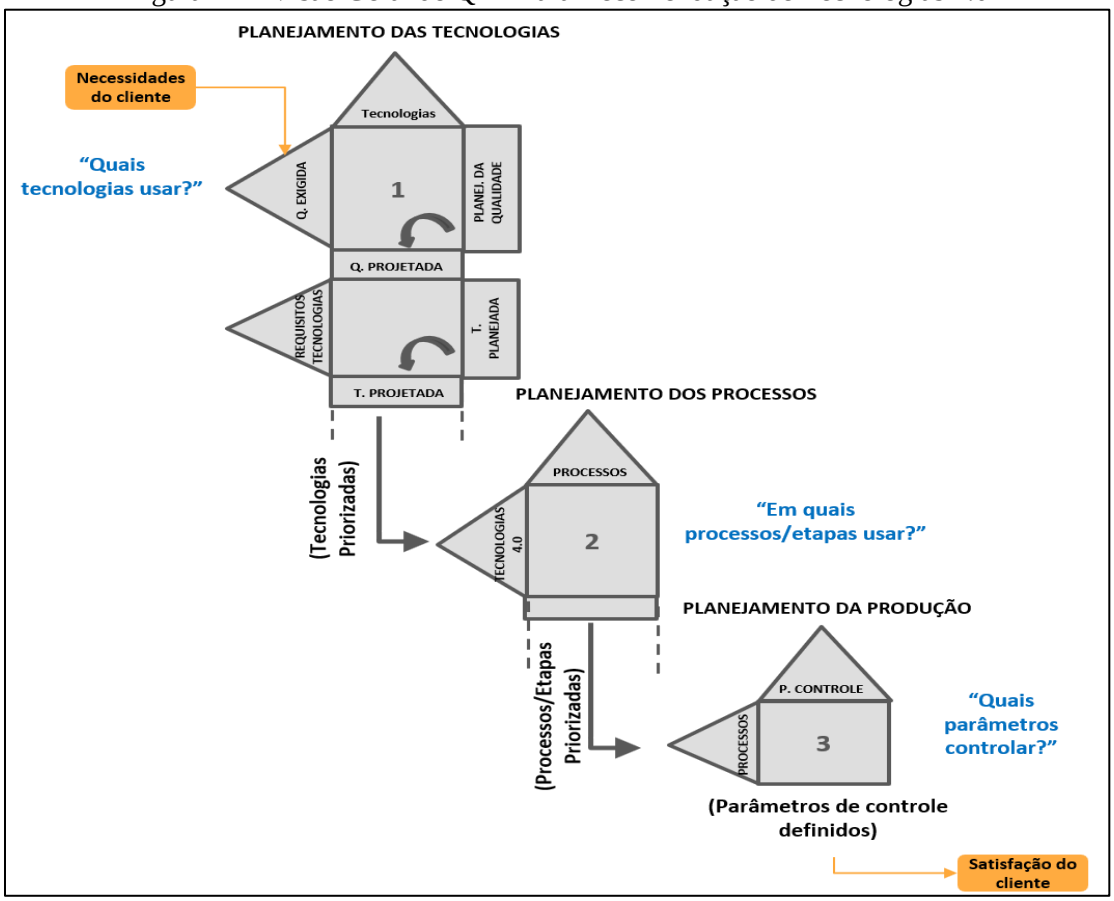
4.3 Resultados da Fase B – Parte 1: Ferramenta para Recomendação de Tecnologias 4.0 para PMEs

Como resultado das alterações propostas na metodologia, esta seção apresenta a versão final da ferramenta e as atividades associadas a ela para o seu preenchimento.

4.3.1 Visão Geral da Ferramenta

Como proposto, o principal objetivo do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0 é recomendar tecnologias 4.0 para um processo organizacional de uma PME, considerado as necessidades que são mais importantes para ela. Após a primeira matriz, a ferramenta indica em quais processos tais tecnologias poderiam ser mais benéficas e, ao final, na matriz 3, obtém-se uma lista de parâmetros de controle de produção dos processos para se gerenciar. Na Figura 24, tem-se uma visão geral da ferramenta proposta e a seguir é descrito o passo-a-passo para o seu preenchimento.

Figura 24 – Visão Geral do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2 Atividades para o preenchimento da Ferramenta

Na Tabela 8, tem-se um resumo das atividades necessárias para o preenchimento do QFD proposto, a apresentação das entradas e saídas de cada matriz, e a qual matriz as atividades estão associadas.

Tabela 8 – As atividades para a preenchimento do QFD proposto

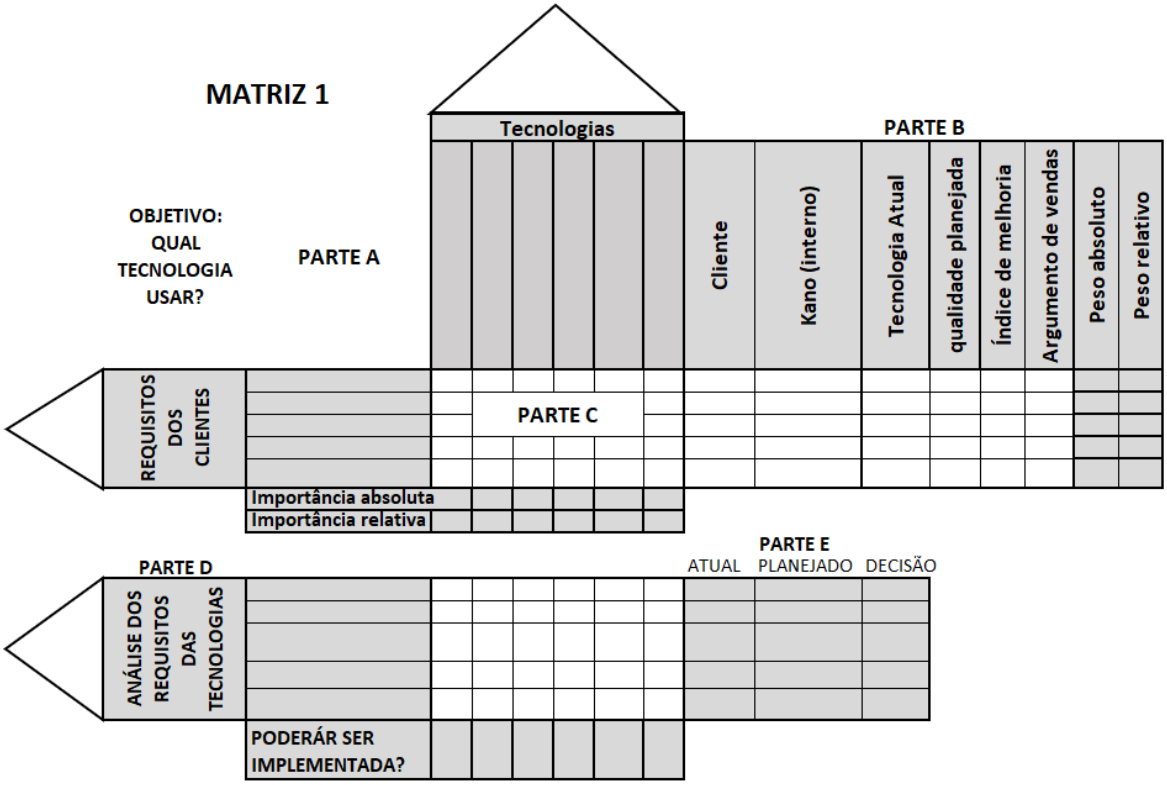
Atividades	**Matriz**	**Entradas**	**Saídas**
Atividade 0 – Preparar a Matriz 1	Matriz 1	Tabela de Tecnologias 4.0 preenchida	Matriz 1 pronta para uso
Atividade 1 – Obter os Requisitos do Cliente	Matriz 1	-	Tabela de Qualidades Exigidas preenchida
Atividade 2 – Obter avaliação do cliente quanto a importância do requisito para o cliente, ao processo atual, ao critério de Kano e a qualidade planejada	Matriz 1	-	Planejamento da Qualidade preenchido
Atividade 3 – Avaliar a aplicabilidade das Tecnologias em comparação com os requisitos do cliente (correlação)	Matriz 1	Qualidade Exigida + Tabela de Tecnologias 4.0	Casa da Qualidade Preenchida
Atividade 4 – Avaliar os requisitos das Tecnologias	Matriz 1	Tabela Auxiliar de Requisitos das Tecnologias	Avaliação das Tecnologias quanto aos seus requisitos
Atividade 5 – Avaliar os requisitos das tecnologias quanto a realidade atual do processo	Matriz 1	-	Avaliação dos requisitos das tecnologias quanto a realidade atual do processo
Atividade 6 – Avaliar os	Matriz 1	-	Identificação da

Atividades	Matriz	Entradas	Saídas
requisitos das tecnologias quanto a possibilidade de adaptação futura			viabilidade do uso das Tecnologias 4.0 priorizadas
Atividade 7 – Verificar a viabilidade de uso das Tecnologias 4.0	Matriz 1	-	Matriz 1 preenchida + Lista de tecnologias 4.0 priorizadas.
Atividade 8 – Preparar a Matriz 2	Matriz 2	Lista de Tecnologias Priorizadas + Tabela de Processos	Matriz 2 pronta para uso
Atividade 9 – Avaliar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo	Matriz 2	-	Tabela de desperdícios preenchida
Atividade 10 – Avaliar a aplicabilidade da Tecnologia 4.0 frente ao seu uso para cumprir a função de cada etapa do processo e eliminar o desperdício	Matriz 2	-	Tabela de aplicabilidade das tecnologias preenchida
Atividade 11 – Multiplicar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo com a sua respectiva nota de aplicabilidade	Matriz 2	Tabela de desperdícios + Tabela de aplicabilidade das Tecnologias	Tabela de priorização de Processos preenchida
Atividade 12 – Preencher a Matriz 2	Matriz 2	Tabela de Priorização de Processos	Matriz 2 preenchida + Lista de processos priorizados
Atividade 13 – Preparar a Matriz 3	Matriz 3	Lista de Processos Priorizados	Matriz 3 pronta para uso
Atividade 14 – Obter os valores dos parâmetros de controle	Matriz 3	-	Matriz 3 preenchida + Lista de parâmetros de controle de produção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante disso, a primeira atividade para se iniciar o preenchimento do QFD diz respeito a Atividade 0 – Preparar a Matriz 1, no qual se preenche a Tabela de Tecnologias 4.0 com as tecnologias que serão utilizadas durante todo o desdobramento do QFD (este trabalho sugere o uso de 12 tecnologias que foram identificadas na seção de RBS). Após isso, a Matriz 1 estará pronta para o uso. Em seguida, na parte A, realiza-se a Atividade 1 – Obter os Requisitos do Cliente, no qual o cliente lista todos os requisitos e desejos que ele necessita sobre as tecnologias 4.0. Após essa atividade, tem-se a preenchida a parte A da matriz 1, na qual se reúne todos os requisitos listados pelo cliente. A Figura 25 mostra a matriz 1.

Figura 25 – Matriz 1 do QFD proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, na parte B, realiza-se a Atividade 2 – Obter avaliação do cliente, no qual o cliente avalia o quanto aquele requisito é importante para ele, atribuindo notas de 1 a 5, sendo 1 para pouco importante e 5 para muito importante. Após isso, o cliente classifica os requisitos como O – Óbvios, tais requisitos necessitam estar presentes na tecnologia; L – Lineares, quanto mais se tem o requisito na tecnologia melhor é e A – Atrativos, tais requisito são um diferencial, mas não são fundamentais estar na tecnologia – essa análise é conhecida como Análise de Kano.

Após isso, o cliente faz uma avaliação de quanto os requisitos por ele listado estão presentes no seu processo atual, atribuindo notas de 1 a 5, sendo 1 para pouco presente e 5 para muito presente. Em seguida, o cliente atribui notas de 1 a 5 aos requisitos considerando o quanto desse requisito ele planeja adotar no futuro, dando 1 para pouco e 5 para muito.

Por fim, a PME avalia os requisitos como argumentos de venda para seus clientes, ou seja, verificando se algum dos requisitos falados tem força argumentativa para fechar uma venda com um cliente ou não; dando a nota 1 se o requisito é um fraco argumento de venda para seu cliente; 1,2 se é um médio argumento e 1,5 caso seja um forte argumento de venda. Ao final, tem-se o índice de melhoria, obtido através da razão entre as notas dos requisitos para o processo atual e as notas da qualidade planejada. A partir daí, o peso absoluto de cada requisito, calculado como a multiplicação entre as notas de importância dos requisitos, índice de melhoria e argumento de venda, e o peso relativo de cada requisito, calculado a partir do peso relativo desse requisito tendo da soma total do peso de todos os requisitos, são determinados. Com isso, tem-se o planejamento da qualidade, a parte B, realizado evidenciando os requisitos do cliente que são mais importantes para o seu negócio.

Em seguida, na parte C, tem-se a Atividade 3 – Avaliar a aplicabilidade das Tecnologias, é nessa atividade que ocorre a correlação: o cliente avalia a aplicabilidade das tecnologias com os requisitos por ele listado, dando notas 1 se a tecnologia for pouco aplicável ao requisito, 3 se for aplicável, 9 se for muito aplicável e 0 se não for aplicável. Ao final, o QFD informa qual(is) tecnologia(s) consegue(m) atender a maioria dos requisitos listados pelo cliente, a partir de uma soma produto entre o resultado da parte B com os da parte C.

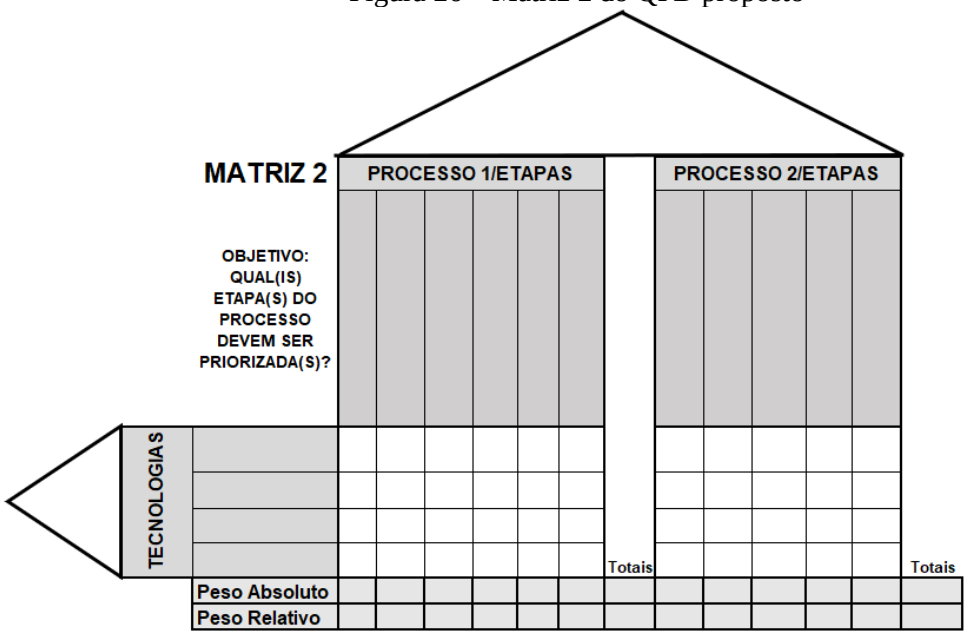
Depois, na parte D, realiza-se a Atividade 4 – Avaliar os requisitos das Tecnologias, no qual se avalia se as tecnologias possuem algum requisito para o seu funcionamento, o que pode inviabilizar o seu uso caso a PME não o cumpra. Para essa avaliação, utiliza-se a Tabela Auxiliar de Requisitos das Tecnologias 4.0 desenvolvida (ver apêndice H), no qual se tem uma relação entre as tecnologias e seus requisitos. Para cada requisito, a tabela informa se a tecnologia necessita desse requisito sempre, quase sempre, às vezes, quase nunca ou nunca. A partir dessas informações consegue-se realizar essa avaliação.

Em seguida, na parte E, na Atividade 5 – Avaliar os requisitos das tecnologias quanto a realidade atual do processo, o cliente avalia se atualmente o seu processo possui ou não os mesmos requisitos das tecnologias analisados na atividade 4 e atribui uma resposta sim em caso afirmativo e não em caso negativo. Após isso, avalia-se se no futuro o cliente tem o objetivo de superar ou não esse requisito, caso seu processo atual não cumpra, o que impossibilitaria o uso

da tecnologia. Em caso afirmativo se atribui sim e caso negativo se atribui não. Por fim, tem-se a Atividade 7 – Verificar a viabilidade de uso das Tecnologias 4.0, no qual se verifica se as tecnologias 4.0 podem ser utilizadas mesmo com a presença ou não dos requisitos das tecnologias ou com a possibilidade de superá-los. Com isso, tem-se a Matriz 1 preenchida e com as tecnologias 4.0 priorizadas.

Após isso, inicia-se o preenchimento da Matriz 2 (Planejamento de Processo), a partir da atividade 8 - Preparar a Matriz 2. Nesta atividade, faz-se uso das Lista de Tecnologias Priorizadas obtidas na matriz 1 para iniciar o preenchimento da matriz 2. Nessa matriz, buscará identificar em quais etapas do processo as tecnologias seriam mais benéficas, considerando possíveis desperdícios existentes e a aplicabilidade da tecnologia em cada etapa do processo. Na Figura 26 , tem-se uma visão geral da Matriz 2.

Figura 26 – Matriz 2 do QFD proposto



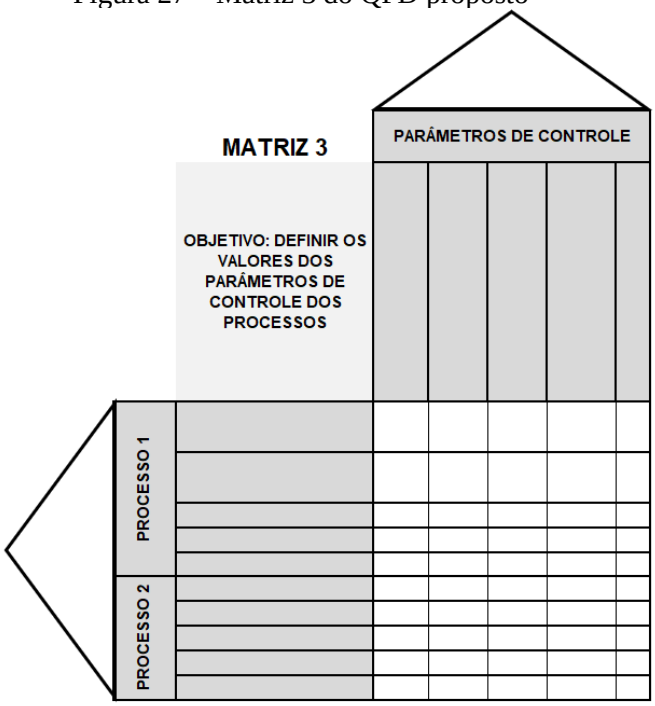
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa matriz, primeiramente, inicia-se com a Atividade 9 – Avaliar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo. Nessa atividade, cada etapa do processo recebe uma nota de importância de 1 a 5 pelo cliente para cada desperdício que aja nela. Sendo 1 caso o cliente considere o desperdício como de pouca relevância e 5, caso seja um desperdício de muita relevância. A nota para cada etapa do processo será a soma das notas recebidas por cada desperdício.

Em seguida, realiza-se a Atividade 10 – Avaliar a aplicabilidade da Tecnologia 4.0, no qual se avalia, para cada etapa do processo, a aplicabilidade da tecnologia para eliminar o desperdício identificado. Nessa atividade, avalia-se com 1 para pouca aplicabilidade, 3 para aplicável e 9 para muito aplicável. Por fim, tem-se a atividade 11, no qual se multiplica a nota de desperdício com a sua respectiva nota de aplicabilidade para cada etapa do processo. A partir das notas resultantes da multiplicação nessa etapa, preenche-se a matriz 2 (atividade 12). Com isso, a partir da soma das notas, a matriz informa qual(is) etapas do processo precisam ser priorizadas.

Por fim, inicia-se o preenchimento da Matriz 3 (Planejamento de Produção) (ver Figura 27), através da Atividade 13 – Preparar a Matriz 3, no qual se faz uso da Lista de Processos Priorizados obtidos da matriz 2. Feito isso, a Matriz 3 estará pronta para o uso. Por fim, tem-se a Atividade 14 – Obter os valores dos parâmetros de controle, no qual se obtém do cliente os valores dos parâmetros de controle dos processos priorizados, chegando ao fim da aplicação do QFD.

Figura 27 – Matriz 3 do QFD proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, ao final do preenchimento das 3 matrizes, tem-se as tecnologias priorizadas, a indicação de quais processos tais tecnologias poderiam ser mais benéficas e uma lista de parâmetros de controle de produção que devem ser monitorados pela PME para garantir a qualidade do produto e do processo. Na seção 4.4.2, tem-se a aplicação da ferramenta em um

ambiente real com valores para as notas e atividades explicadas aqui.

4.4 Resultados da Fase B – Parte 2: Estudo de Caso em uma Produção de Queijo

4.4.1 Contexto do Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado de maneira remota em um pequeno produtor rural da região do Vale do Paraíba do estado de São Paulo, através de entrevistas por telefone e videoconferência. O produtor rural produz três tipos de queijos atualmente e seu processo de produção se encontra em uma local na zona rural. A principal matéria prima, o leite, é obtido diretamente da criação de vacas da propriedade do produtor. O processo produtivo não conta com nenhum maquinário industrial e a maioria dos processos acontecem de maneira manual.

Para a produção, o produtor conta com tanques, bombas, baldes, sacos de panos, mesas, espátulas, prateleiras, geladeira como sendo alguns dos equipamentos envolvidos no processo. O processo de produção de queijo do produto é classificado como artesanal, segmento de mercado de queijos autorais que o produtor escolheu estar e estar bastante vinculado a utilização de procedimento manuais. Além disso, o produtor não possui funcionários, contando apenas com a ajuda da esposa e de uma outra pessoa, às vezes. É importante salientar que o produtor possui graduação na área tecnológica o que contribuiu para a preenchimento da ferramenta desenvolvida e para a obtenção de sugestões de melhorias.

Com relação ao negócio, o produtor tem o objetivo de aumentar a variedade de queijos produzidos, dos atuais 3 tipos para 5, dos quais um dos tipos se dá através de um processo de produção diferente. Diante disso e considerando a questão de sigilo solicitado pelo produtor, as cincos variedades de queijos serão denominadas como produtos A, B, C e D vinculados ao Processo 1 e produto E, que possui processo de produção diferente, vinculado ao processo 2. Os processos são apresentados na seção 4.4.3 deste trabalho. Na Figura 28, tem-se uma imagem de alguns tipos de queijos fabricados pelo produtor.

Figura 28 – Fotos de queijos feitos pelo produtor rural

Fonte: Produto Rural

4.4.2 Aplicação da Ferramenta

Devido a pandemia da Covid-19, optou-se por realizar a aplicação da ferramenta de maneira remota, por telefone ou videoconferência, no qual se procurou obter as informações do produtor rural partir de entrevistas. A aplicação se deu do dia 19 de agosto de 2021 ao dia 14 de outubro de 2021, contabilizando oito entrevistas com duração média entre 1h a 2h. Para as conversas, foram utilizados os roteiros propostos na seção 3.3.1 deste trabalho. A Tabela 9 apresenta, de maneira detalhada os dias das entrevistas, o assunto tratado, o roteiro utilizado, a duração e os documentos obtidos ao final de cada entrevista.

Tabela 9 – Cronograma do Estudo de Caso

Nº	**Data**	**Etapa e Roteiro**	**Assunto**	**Local e Duração**	**Documentos Obtidos**
1	19/ago	Planejamento – Roteiro 1	Apresentação do projeto + Carta de Aceite	1h, por telefone	Carta de Aceite
2	26/ago	Planejamento – Roteiro 2	Compreensão do contexto do negócio	1h, por telefone	Anotações a respeito do negócio
3	02/set	Modelagem – Roteiro 3	Visão Geral do Processo	1h, por videoconferência	Mapeamento parcial do Processo
4	09/set	Modelagem – Roteiro 4	Visão das atividades do processo	1h, por videoconferência	Mapeamento parcial do Processo

Nº	Data	Etapa e Roteiro	Assunto	Local e Duração	Documentos Obtidos
5	23/set	Modelagem – Roteiro 5 e Recomendação – Roteiro 6	Detalhamento das atividades do processo e Apresentação das Tecnologias 4.0	2h, por videoconferência	Mapeamento Completo do Processo
6	13/out	Recomendação – Roteiro 7	Aplicação da Ferramenta (Matriz 1)	2h, por videoconferência	Matriz 1 do QFD preenchida
7	14/out	Recomendação – Roteiro 8	Aplicação da Ferramenta (Matriz 2 e 3) e Feedback	2h, por videoconferência	QFD total preenchido + Feedback

Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira entrevista com o produtor se deu por telefone no dia 19 de agosto. Para essa conversa, fez-se o uso do Roteiro 1 que está relacionado a apresentação da proposta da pesquisa, equipe envolvida e foi fornecido um termo de abertura de projeto (Apêndice K) ao produtor como sinalização de aceite em participar do estudo de caso. Além disso, Termo de Sigilo e Confiabilidade (Apêndice L) foram confeccionados e assinados pelo pesquisador deste trabalho e seu orientador para resguardar o uso e compartilhamento das informações obtidas durante as conversas.

A segunda entrevista com o produtor se deu por telefone no dia 26 de agosto. Para essa conversa, fez-se o uso do Roteiro 2 cujo objetivo é obter informações para compreender o objetivo do negócio e seus produtos. Falou-se sobre as características dos queijos artesanal, o efeito da pandemia de covid-19 nos negócios, o mercado e seus concorrentes. Além disso, investigou-se os objetivos de curto e médio prazo do negócio para orientar a aplicação futura da ferramenta.

A terceira entrevista com o produtor se deu por videoconferência no dia 02 de setembro. Para essa conversa, fez-se o uso do Roteiro 3 cujo objetivo é iniciar o mapeamento de processos a fim de compreender o processo e identificar oportunidade de melhorias. Ao final da conversa, o pesquisador obteve uma visão geral do processo produtivos e as principais variáveis

envolvidas que possibilitou o início da confecção dos mapas de processos para os diferentes tipos de queijo.

A quarta entrevista com o produtor se deu por videoconferência no dia 09 de setembro. Para essa conversa, fez-se o uso do Roteiro 4 cujo objetivo é aprofundar a compreensão sobre o processo do produtor a partir da investigação acerca das atividades especificas envolvidas na produção e investigar as possíveis fontes de desperdícios. Ao final da conversa, o pesquisador obteve mais informações acerca das atividades do processo produtivo e os seus desperdícios envolvidos, que possibilitou a evolução dos mapas de processo em desenvolvimento.

A quinta entrevista com o produtor se deu por videoconferência no dia 23 de setembro. Para essa conversa, fez-se o uso do Roteiro 5 cujo objetivo é o de compreender detalhes e variáveis envolvidas nas etapas do processo. Além disso, nessa conversa foi utilizado o roteiro 6 cujo objetivo é apresentar as tecnologias 4.0 e os seus casos de uso. Ao final da conversa, o pesquisador obteve mais informações necessárias para finalizar o mapeamento do processo e a impressão do produtor acerca da apresentação e casos de uso das tecnologias 4.0. Como o produtor possuía graduação na área tecnologia ele não apontou dificuldades na compreensão das definições das tecnologias apresentadas, porém o mesmo não conhecia sobre as tecnologias *digital twin* e nem sobre *edge and fog computing*.

A sexta entrevista com o produtor se deu por videoconferência no dia 13 de outubro. Nessa conversa, iniciou-se a o preenchimento da ferramenta desenvolvida. Para essa conversa, fez-se o uso de parte do Roteiro 7 cujo objetivo é auxiliar no preenchimento do QFD. Nesta conversa, concentrou-se em explicar o objetivo e o funcionamento da ferramenta, assim como a sua forma de preenchimento. Para essa conversa, concentrou-se no preenchimento da primeira matriz da ferramenta por ter o preenchimento mais complexo e demorado. Para o preenchimento da ferramenta com as informações do produtor. Ao final da conversa, obteve-se o preenchimento da matriz 1 da ferramenta.

A sétima e última entrevista com o produtor se deu por videoconferência no dia 14 de outubro. Nessa conversa, finalizou-se o preenchimento da ferramenta desenvolvida e obteve-se feedbacks para a ferramenta. Para essa conversa, no primeiro momento, fez-se o uso da parte faltante do Roteiro 7 para auxiliar termino do preenchimento do QFD e, no segundo momento, do roteiro 8 para obter feedbacks para a ferramenta. No primeiro momento, concentrou-se no preenchimento da matriz 2 e 3. Ao final da conversa, o produtor ofereceu feedbacks de melhorias da ferramenta e da sua aplicação. Tais informações são descritas na seção 4.4.4 deste trabalho.

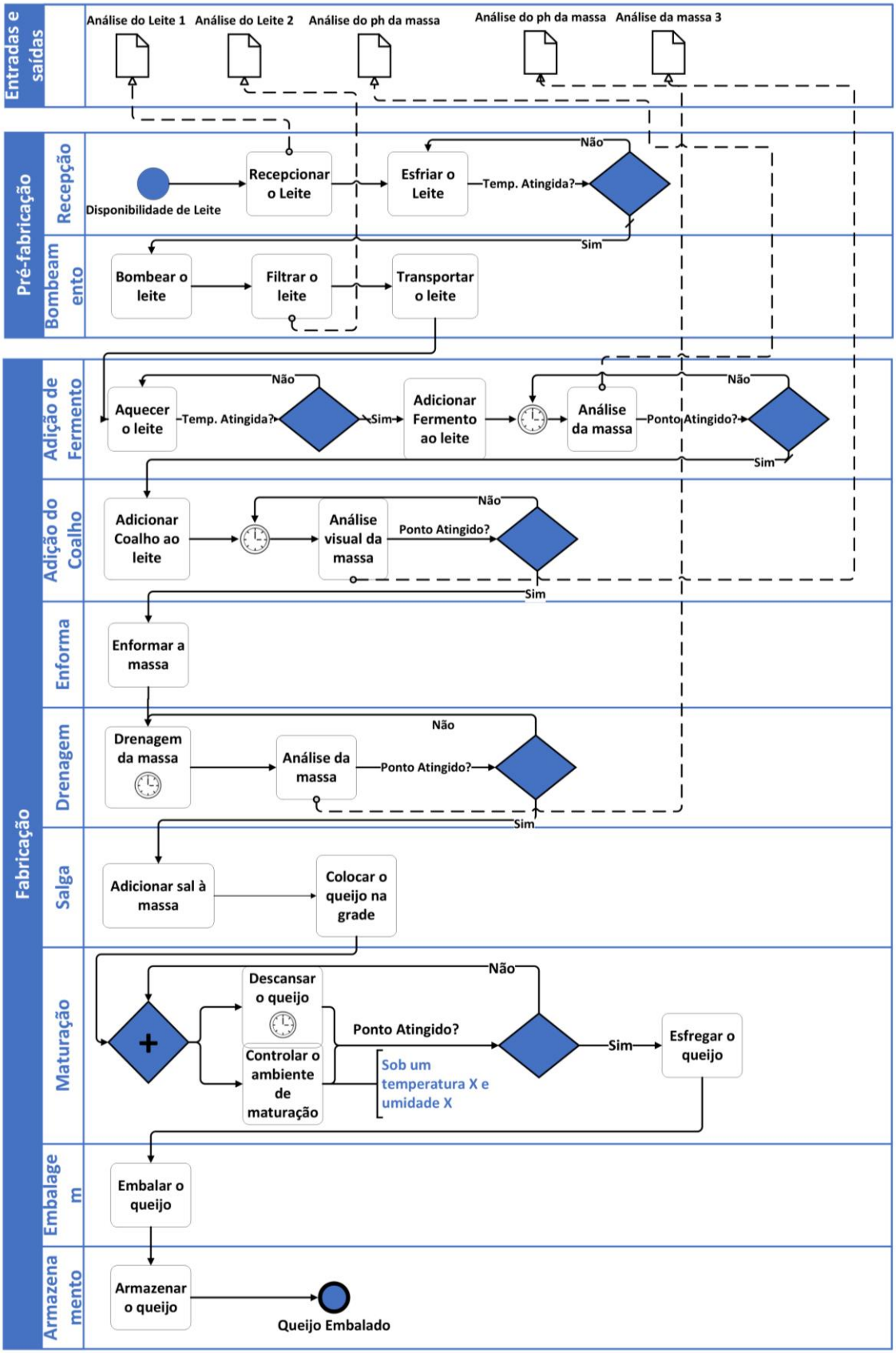
4.4.3 Resultados Obtidos

Com a aplicação dos roteiros propostos, através do estudo de caso, foi possível mapear os processos de produção do produtor e suas etapas, assim como, as fontes de desperdício. Com isso, foi possível a construção do mapa de processo 1 – produtos A, B, C e D, apresentado na Figura 30, e o mapa de processo 2 – produto E, apresentado na Figura 31 existentes na propriedade rural, de acordo com a notação BPMN da Figura 29.

Figura 29 – Principais símbolos do BPMN utilizados

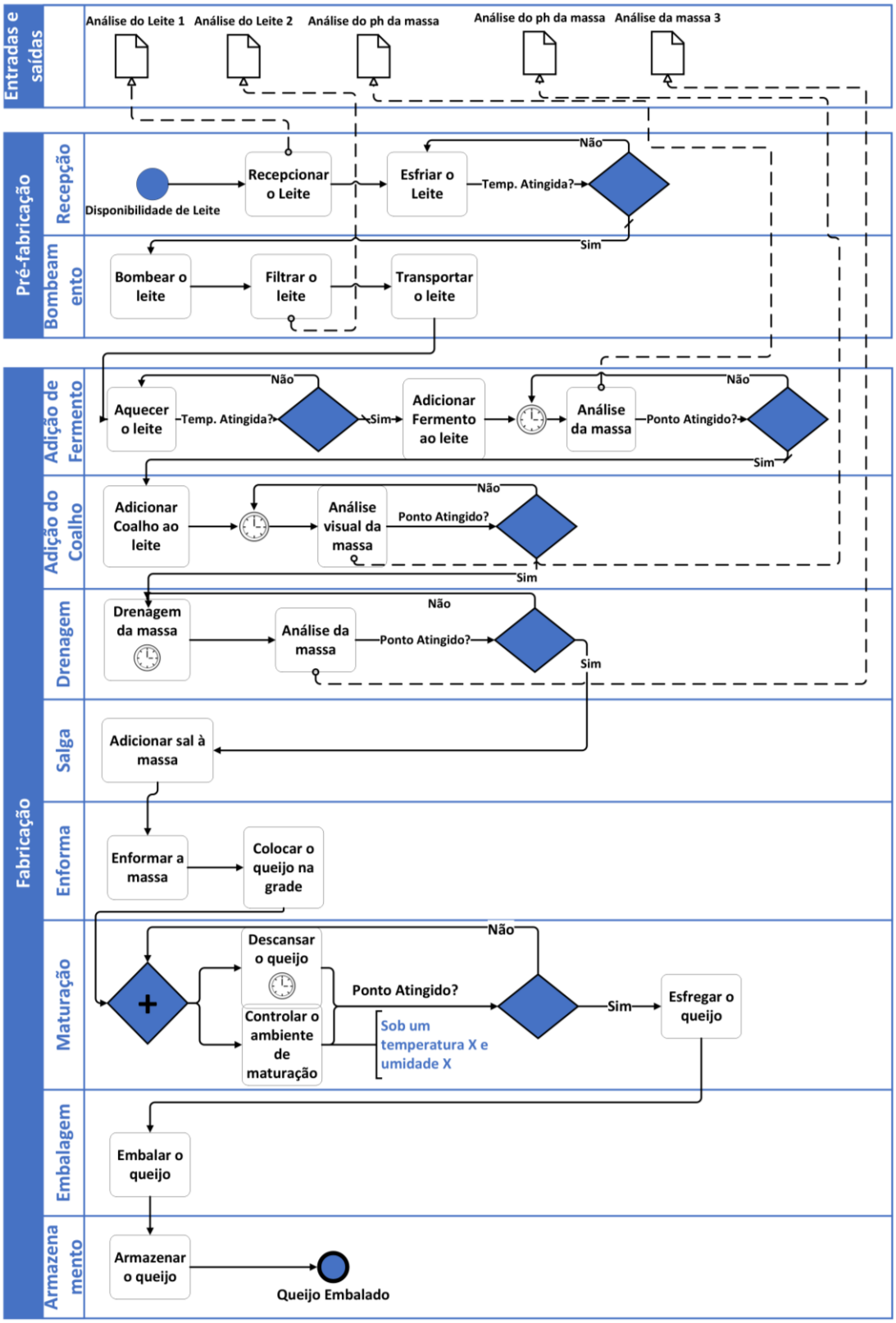
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – Mapa do Processo 1 (produtos A, B, C e D)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31 – Mapa do Processo 2 (produto E)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme observado nas Figura 30 e Figura 31, ambos os processos de produção possuem 12 macro etapas: recepção/esfriamento do leite, bombeamento do leite para o tanque de fabricação, aquecimento do leite, fabricação – fermentos (no qual se adiciona os fermentos ao leite), fabricação – coalho (no qual se adiciona o coalho ao leite), corte (uso de uma espátula para mexer o queijo), enformar (colocar a massa do queijo em formas), drenagem (drenar a parte liquida da massa do queijo), salga (adicionar sal ao queijo), maturação (período em que o queijo fica em uma local até se obter as características desejadas), embalagem e armazenagem do queijo. Porém no processo 2, a etapa de drenagem e salga acontecem antes da etapa de enforma.

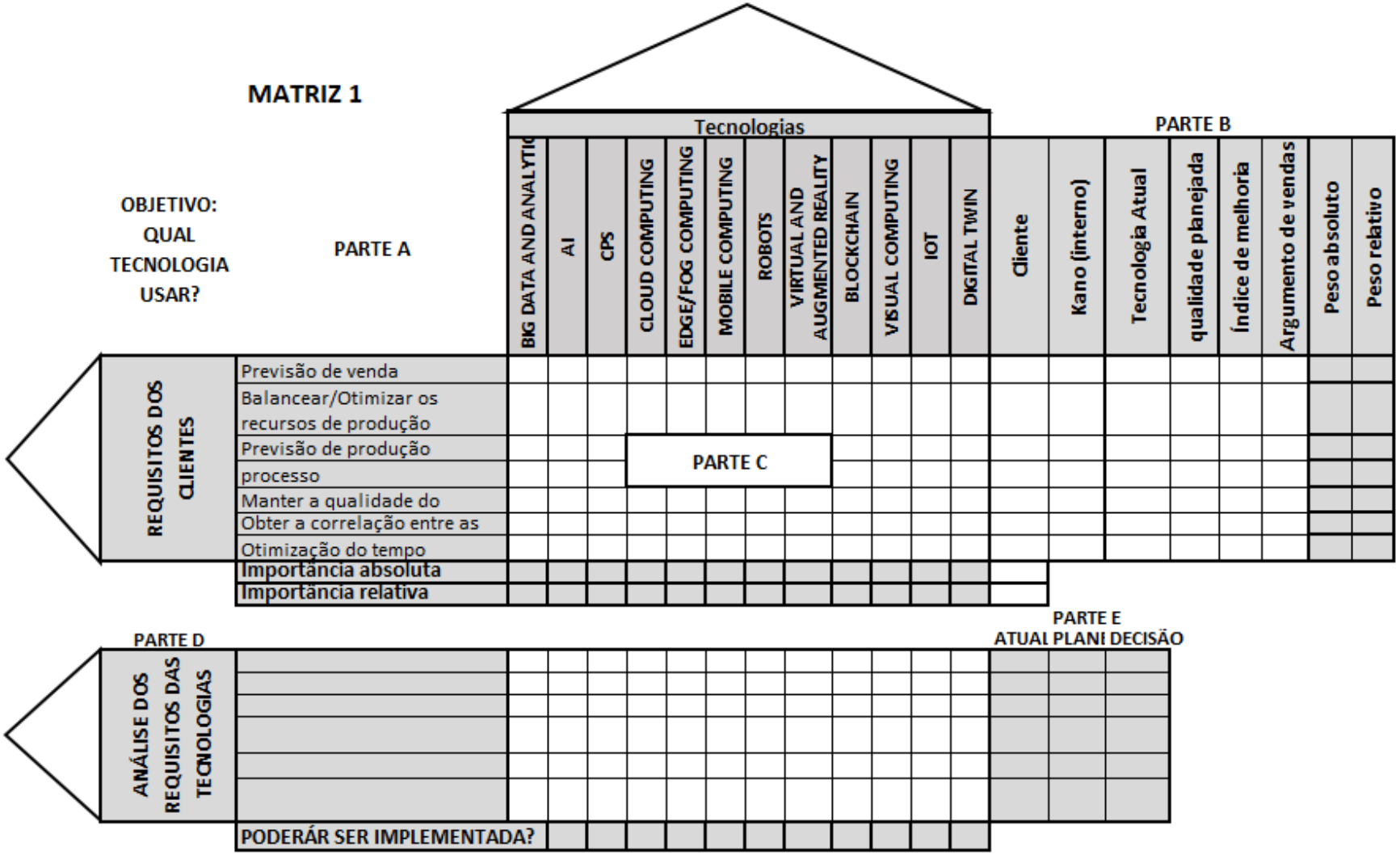
Com relação a análise de desperdícios no processo, tem-se: na etapa de recepção/esfriamento , o desperdício do tipo intelectual, uma vez que o produtor precisa dedicar tempo analisando o queijo; na etapa de bombeamento, verificou-se o desperdício do tipo processos desnecessário e de transporte; na etapa de aquecimento, não se verificou desperdício; na etapa de fabricação, verificou-se dois momentos de desperdícios do tipo intelectual (um relacionado a realização de análises e o outro a necessidade de se verificar o ponto da massa. Além disso, verificou-se u o desperecido de espera; na etapa de corte não se verificou desperdícios; na etapa de enformar, verificou-se desperdícios de transporte e de superprodução; na drenagem, verificou-se desperdício de espera e de estoque , além do intelectual, uma vez que o produtor precisa verificar o ponto da massa; na salga, verificou-se desperdício de retrabalho; na maturação; verificou-se desperdício de espera, de transporte, de superprodução e intelectual (devido as análises e verificação do ponto da massa); na embalagem, verificou-se o desperdício de transporte e de processo desnecessário; e na armazenagem verificou-se o desperdício de superprodução. Os mesmos tipos de desperdícios foram encontrados para as etapas correspondentes no processo 2.

É importante salientar que cada queijo possui ingredientes e micro etapas diferentes, mas com a finalidade de se preservar o segredo de fabricação, considerou-se apenas as etapas a nível macro. Além disso, optou-se também por não indicar nos mapas quaisquer valores dos parâmetros de produção. Agora, com os mapas de processos e as demais informações obtidas, elas funcionam como entradas para o preenchimento do QFD proposto.

Com relação a aplicação do QFD proposto, a ferramenta foi aplicada e preenchida pelo pesquisador durante as entrevistas 6 e 7. A primeira atividade realizada foi a Atividade 0 – Preparar a Matriz 1, no qual se preencheu a Tabela de Tecnologias 4.0 com as tecnologias que acompanham o desdobramento do QFD. Para essa aplicação, utilizou-se as 12 tecnologias encontradas na RBS: *Big Data and Analytics, IA, CPS, Cloud Computing, Edge/Fog Computing, Mobile Computing, Robots, Realidade Virtual e Aumentada, Blockchain, Visual Computing, IoT e Digital Twin.* Com isso, tem-se a Matriz 1 pronta para o desdobramento.

Após isso, obteve-se os requisitos que o produtor necessitava e gostaria sobre as tecnologias 4.0. Os requisitos dito pelo produtor foram oito: previsão de venda, balancear/Otimizar os recursos de produção, previsão de produção, obter as variáveis dos processos, manter a qualidade do produto, obter a correlação entre as variáveis e otimização do tempo, conforme é possível ver na parte A da Figura 32 .

Figura 32 – Visão Geral da Matriz 1 (Planejamento de Tecnologias)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, na parte B da Matriz 1, Figura 33, o cliente avaliou o quanto os requisitos eram importantes para ele, atribuindo notas de 1 a 5, sendo 1 para pouco importante e 5 para muito importante. Os requisitos com notas 5 foram: previsão de produção, manter a qualidade do produto e otimização do tempo. Em seguida, o cliente classificou os requisitos em O – Óbvios, L – Lineares e A – Atrativos. Os requisitos considerados como atrativos foram previsão de venda, previsão de produção, manter a qualidade do produto e otimização do tempo, o restante foi considerado como lineares e nenhum como óbvio.

Figura 33 – Parte B da Matriz 1 preenchida

PARTE B

		Cliente	Kano (interno)	Tecnologia Atual	qualidade planejada	Índice de melhoria	Argumento de vendas	Peso absoluto	Peso relativo
Requisitos do Cliente	Previsão de venda	1	A	3	4	1,3	1,2	1,6	3%
	Balancear/Otimizar os recursos de produção	4	L	3	4	1,3	1,2	6,4	11%
	Previsão de produção	5	A	3	5	1,7	1,5	12,5	22%
	Obter as variáveis dos processo	3	L	2	3	1,5	1,2	5,4	10%
	Manter a qualidade do produto	5	A	4	5	1,3	1,5	9,4	17%
	Obter a correlação entre as variáveis	3	L	4	3	0,8	1,2	2,7	5%
	Otimização do tempo	5	A	2	5	2,5	1,5	18,8	33%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após isso, o produtor avaliou o quanto os requisitos disto por ele estão presentes no seu processo atual, atribuindo notas de 1 a 5, sendo 1 para pouco presente e 5 para muito presente. Os requisitos menos presentes no processo atual do produtor foram: obter as variáveis do processo e otimização do tempo. Depois, o produtor atribuiu notas de 1 a 5 aos requisitos, considerando o quanto desses requisitos ele planeja adotar no futuro, dando 1 para pouco e 5 para muito. Segundo o produtor, os requisitos que ele planeja adotar no futuro são: previsão de produção, manter a qualidade do produto e otimização do tempo.

Por fim, o produtor avaliou os requisitos do ponto de vista de argumento de venda,

dando a nota 1 se o requisito fosse um fraco argumento de venda, 1,2 se fosse um médio argumento e 1,5 como sendo um forte argumento de venda. Novamente, os requisitos com as maiores notas foram previsão de produção, manter a qualidade do produto e otimização do tempo, para os demais o produtor avaliou como 1,2. Ao final, obteve-se o índice de melhoria para cada requisito, seu peso absoluto e seu peso relativo. Com isso, obteve-se que os requisitos do cliente que são mais importantes para o sucesso do negócio são: previsão de produção, manter a qualidade do produto e otimização do tempo

Em seguida, para a etapa de avaliar a aplicabilidade das Tecnologias, no qual se avalia se a tecnologia é aplicável ou não ao requisito, dando notas 1 para pouco aplicável, 3 aplicável, 9 muito aplicável e 0 se não for aplicável, o pesquisador que preencheu, uma vez que o produtor não conseguiu realizar o preenchimento. Ao final, o QFD informou que as três tecnologias que mais conseguiriam atender a maioria dos requisitos listados pelo cliente eram: Big Data, IA e IoT, conforme é possível ver na Figura 34.

Figura 34 – Parte C da Matriz 1 preenchida

PARTE A E PARTE C		Tecnologias											
		BIG DATA AND ANALYTICS	AI	CPS	CLOUD COMPUTING	EDGE/FOG COMPUTING	MOBILE COMPUTING	ROBOTS	VIRTUAL AND AUGMENTED	BLOCKCHAIN	VISUAL COMPUTING	IOT	DIGITAL TWIN
Requisitos do Cliente	Previsão de venda	9	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Balancear/Otimizar os recursos de produção	9	9	1	1	1	0	1	0	0	0	3	3
	Previsão de produção	9	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Obter as variáveis dos processo	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	9	0
	Manter a qualidade do produto	9	9	0	0	0	0	1	3	1	3	9	0
	Obter a correlação entre as variáveis	9	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Otimização do tempo	9	9	3	3	3	3	9	0	0	3	9	0
	Importância absoluta	8,4	8,1	1,6	1,4	1,4	1,3	3,3	0,5	0,2	1,8	5,7	0,3
	Importância relativa	25%	24%	5%	4%	4%	4%	10%	1%	0%	5%	17%	1%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, realizou-se a atividade de se avaliar os requisitos das Tecnologias, no qual se avalia se a tecnologia possui algum requisito para o seu funcionamento, o que pode inviabilizar o seu uso. Para isso, o pesquisador fez uso da a Tabela Auxiliar de Requisitos das Tecnologias, no qual se tem uma relação entre as tecnologias e seus requisitos. Para cada requisito, a tabela informa se a tecnologia necessita desse requisito sempre, quase sempre, às

vezes, quase nunca ou nunca. A partir dessas informações conseguiu-se realizar essa avaliação. Tal avaliação permitiu a percepção de 2 possíveis impedimentos para o uso das 3 tecnologias priorizadas, o fato delas necessitarem sempre de internet, conforme é possível ver na Figura 35.

Figura 35 – Partes D e E da Matriz 1 preenchida

PARTE D		Tecnologias														
		BIG DATA AND ANALYTICS	AI	CPS	CLOUD COMPUTING	EDGE/FOG COMPUTING	MOBILE COMPUTING	ROBOTS	VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY	BLOCKCHAIN	VISUAL COMPUTING	IOT	DIGITAL TWIN	ATUAL	Q. PLANEJ.	DECISÃO
ANÁLISE DOS REQUISITOS DAS TECNOLOGIAS	Necessita de adaptação no processo?	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	AS VEZES	AS VEZES	AS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	AS VEZES	QUASE SEMPRE	SIM	SIM	SIM
	Necessita de ação constante do usuário?	AS VEZES	QUASE NUNCA	AS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	AS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	AS VEZES	AS VEZES	SIM	SIM	SIM
	Necessita de internet?	SEMPRE	SEMPRE	AS VEZES	SEMPRE	SEMPRE	SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	SEMPRE	AS VEZES	SEMPRE	AS VEZES	SIM	SIM	SIM
	Necessita de integração com sistemas e máquinas?	AS VEZES	AS VEZES	AS VEZES	AS VEZES	QUASE SEMPRE	AS VEZES	QUASE SEMPRE	AS VEZES	QUASE SEMPRE	AS VEZES	AS VEZES	QUASE NUNCA	NÃO	SIM	SIM
	É intuitivo?	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	AS VEZES	AS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	NÃO	SIM	SIM
	Necessita de alto investimento?	AS VEZES	AS VEZES	AS VEZES	AS VEZES	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	AS VEZES	AS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	NÃO	SIM	SIM
	PODERÁR SER IMPLEMENTADA?	SIM	SIM									SIM				

PARTE E

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após isso, avaliou-se os requisitos das tecnologias quanto a realidade atual do processo, o cliente avaliou se atualmente o seu processo possui ou não os mesmos requisitos das tecnologias e atribui sim em caso afirmativo e não em caso negativo. Após isso, avalia-se se, no futuro, o cliente tem o objetivo de superar esse requisito, o que possibilitaria o uso da tecnologia caso houvesse um impedimento no processo atual. Em caso afirmativo se atribui sim e caso negativo se atribui não. Por fim, tem-se a Atividade 7 – Verificar a viabilidade de uso das Tecnologias 4.0, no qual se verifica se as tecnologias 4.0 podem ser utilizadas mesmo com a presença de requisitos ou com a possibilidade ou não de superá-los. Com isso, tem-se a Matriz 1 preenchida, conforme é possível ver na Figura 36.

Figura 36 – Resultado da Matriz 1 (Planejamento das Tecnologias)

PARTE A E PARTE C		Tecnologias														
		BIG DATA AND ANALYTICS	AI	CPS	CLOUD COMPUTING	EDGE/FOG COMPUTING	MOBILE COMPUTING	ROBOTS	VIRTUAL AND AUGMENTED	BLOCKCHAIN	VISUAL COMPUTING	IOT	DIGITAL TWIN		Peso absoluto	Peso relativo
Requisitos do Cliente	Previsão de venda	9	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	PARTE B	1,6	3%
	Balancear/Otimizar os recursos de produção	9	9	1	1	1	0	1	0	0	0	3	3		6,4	11%
	Previsão de produção	9	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		12,5	22%
	Obter as variáveis dos processo	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	9	0		5,4	10%
	Manter a qualidade do produto	9	9	0	0	0	0	1	3	1	3	9	0		9,4	17%
	Obter a correlação entre as variáveis	9	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		2,7	5%
	Otimização do tempo	9	9	3	3	3	3	9	0	0	3	9	0		18,8	33%
	Importância absoluta	8,4	8,1	1,6	1,4	1,4	1,3	3,3	0,5	0,2	1,8	5,7	0,3	33,9		
	Importância relativa	25%	24%	5%	4%	4%	4%	10%	1%	0%	5%	17%	1%	100%		

PARTE D														PARTE E		
ANÁLISE DOS REQUISITOS DAS TECNOLOGIAS	Necessita de adaptação no processo?													SIM	SIM	SIM
	Necessita de ação constante do usuário?													SIM	SIM	SIM
	Necessita de internet?													SIM	SIM	SIM
	Necessita de integração com sistemas e máquinas?													NÃO	SIM	SIM
	É intuitivo?													NÃO	SIM	SIM
	Necessita de alto investimento?													NÃO	SIM	SIM
	PODERÁR SER IMPLEMENTADA?	SIM	SIM									SIM				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após isso, inicia-se o preenchimento da Matriz 2 (Planejamento de Processo), a partir da atividade 8 - Preparar a Matriz 2. Nesta atividade, faz-se uso das Lista de Tecnologias Priorizadas obtidas na matriz 1 para iniciar o preenchimento da matriz 2. Nessa matriz, buscará identificar em quais etapas do processo as tecnologias seriam mais benéficas, considerando

possíveis desperdícios existentes e a aplicabilidade da tecnologia em cada etapa do processo.

Para isso, primeiramente, inicia-se a Atividade 9 – Avaliar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo, que dá origem a Tabela de desperdícios. Nesta tabela, cada etapa do processo recebe uma nota de 1 a 5 para cada desperdício que aja nela. Sendo 1 caso o cliente considera o desperdício como de pouca relevância ou prejuízo e 5, caso seja um desperdício de muita relevância. A nota para cada etapa do processo será a soma das notas recebidas por cada desperdício. A Figura 37 mostra as notas dadas pelo produtor a cada desperdício encontrado no mapeamento de cada processo.

Figura 37 – Avaliação dos Desperdícios das Etapas dos Processos

Processo 1	D1	D2	D3	D4	D5	TOTAL
RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	5					5
BOMBEAMENTO	1	1				2
AQUECIMENTO						0
FABRICAÇÃO - FERMENTOS	5	1	5			11
FABRICAÇÃO - COALHO	5	1	5			11
CORTE						0
ENFORMAR	5	1				6
DRENAGEM	1	1	5			7
SALGA	4					4
MATURAÇÃO	1	1	1	5		8
EMBALAGEM	1	1				2
ARMAZENAGEM	1					1
Processo 2	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**	**D5**
RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	5					5
BOMBEAMENTO	1	1				2
AQUECIMENTO						0
FABRICAÇÃO - FERMENTOS	5	1	5			11
FABRICAÇÃO - COALHO	5	1	5			11
DRENAGEM	1	1	5			7
SALGA	4					4
ENFORMAR	5	1				6
MATURAÇÃO	1	1	1	5		8
EMBALAGEM	1	1				2
ARMAZENAGEM	1					1

LEGENDA: D = Desperdício

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, o pesquisador avaliou a aplicabilidade da Tecnologia 4.0 em cada etapa dos processos. Nessa atividade, avalia-se com 1 para pouca aplicabilidade, 3 para aplicável e 9 para muito aplicável. Na Figura 38, tem-se as notas dadas pelo pesquisador.

Figura 38 – Avaliação da aplicabilidade das Tecnologias nos Processos

Processo 1	BIG DATA AND ANALYTICS	IA	IOT
RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	3	0	9
BOMBEAMENTO	1	0	3
AQUECIMENTO	1	0	9
FABRICAÇÃO - FERMENTOS	3	9	9
FABRICAÇÃO - COALHO	3	9	9
CORTE	0	0	0
ENFORMAR	0	0	0
DRENAGEM	3	9	9
SALGA	3	0	9
MATURAÇÃO	9	9	9
EMBALAGEM	0	0	0
ARMAZENAGEM	3	0	3
Processo 2	**BIG DATA AND ANALYTICS**	**IA**	**IOT**
RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	3	0	9
BOMBEAMENTO	1	0	3
AQUECIMENTO	1	0	9
FABRICAÇÃO - FERMENTOS	3	9	9
FABRICAÇÃO - COALHO	3	9	9
DRENAGEM	0	0	0
SALGA	0	0	0
ENFORMAR	3	9	9
MATURAÇÃO	3	0	9
EMBALAGEM	9	9	9
ARMAZENAGEM	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, multiplicou-se a importância de cada desperdício em cada etapa do processo com a sua respectiva nota de aplicabilidade, o que deu origem aos valores que aparecem na Figura 39.

.

Figura 39 – Resultado da Matriz 2 (Planejamento de Processos)

MATRIZ 2

OBJETIVO: QUAL(IS) ETAPA(S) DO PROCESSO DEVEM SER PRIORIZADA(S)?	PROCESSO 1 (PRODUTOS A, B, C e D)													PROCESSO 2 (PRODUTO E)											
TECNOLOGIAS	RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	BOMBEAMENTO	AQUECIMENTO	FABRICAÇÃO - FERMENTOS	FABRICAÇÃO - COALHO	CORTE	ENFORMAR	DRENAGEM	SALGA	MATURAÇÃO	EMBALAGEM	ARMAZENAGEM	Totais	RECEPÇÃO/ESFRIAMENTO	BOMBEAMENTO	AQUECIMENTO	FABRICAÇÃO - FERMENTOS	FABRICAÇÃO - COALHO	DRENAGEM	SALGA	ENFORMAR	MATURAÇÃO	EMBALAGEM	ARMAZENAGEM	Totais
BIG DATA	15	2	0	33	33	0	0	21	12	72	0	3		15	2	0	33	33	0	0	18	24	18	0	
IA	0	0	0	99	99	0	0	63	0	72	0	0		0	0	0	99	99	0	0	54	0	18	0	
IOT	45	6	0	99	99	0	0	63	36	72	0	3		45	6	0	99	99	0	0	54	72	18	0	
Peso Absoluto	60	8	0	231	231	0	0	147	48	216	0	6	**947**	60	8	0	231	231	0	0	126	96	54	0	**806**
Peso Relativo	6%	1%	0%	24%	24%	0%	0%	16%	5%	23%	0%	1%	**100%**	7%	1%	0%	29%	29%	0%	0%	16%	12%	7%	0%	**100%**

CÁLCULO: APLICAÇÃO X SOMA DOS DESPERDÍCIOS

Escala: Aplicação
1 Pouco aplicável
3 Aplicável
9 Muito Aplicável

Escala: Importância do desperdício
1 Não é importante
2 Pouco Importante
3 Alguma Importante
4 Importante
5 Muito importante

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final, a matriz 2 informou, que os processo de fabricação – fermentos e coalho, drenagem, enforma e maturação são os processos a serem priorizados na adoção das tecnologias 4.0. Por fim, iniciou-se o preenchimento da Matriz 3 (Planejamento de Produção), através da Atividade 13 – Preparar a Matriz 3, no qual se fez uso da Lista de Processos Priorizados obtidos da matriz 2. Em seguida, obteve-se os parâmetros de controle para os processos priorizados, conforme apresentado pela Figura 40 .

Figura 40 – Resultado da Matriz 3 (Planejamento de Produção)

MATRIZ 3		PARÂMETROS DE CONTROLE				
	OBJETIVO: DEFINIR OS PARÂMETROS DE CONTROLE DOS PROCESSOS	TEMPERATURA	ACIDEZ	QUANT. FERMENTOS	UMIDADE DA MASSA	CONSITÊNCIA
PROCESSO 1	FABRICAÇÃO - FERMENTOS	X	X	X		
	FABRICAÇÃO - COALHO	X	X	X		
	ENFORMA				X	X
	DRENAGEM				X	
	MATURAÇÃO	X			X	
PROCESSO 2	FABRICAÇÃO - FERMENTOS	X	X	X		
	FABRICAÇÃO - COALHO	X	X	X		
	DRENAGEM				X	
	ENFORMA				X	X
	MATURAÇÃO	X			X	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os parâmetros de controle informados pelo produtor foram: temperatura, acidez, quantidade de fermento, umidade e consistência massa. Nesta etapa, por motivo de sigilo, não se coletou os valores desses parâmetros de controle.

Com isso, ao final do preenchimento das 3 matrizes, como resultado final, a ferramenta recomendou as tecnologias Big Data, IA e IoT para serem aplicadas nas etapas de fabricação – fermentos e coalho, drenagem, enforma e maturação dos processos de produção cujos

parâmetros de controle de produção, para que os produtos atendam a expectativa do pequeno produtor rural quanto a qualidade dos seus produtos, devem ser temperatura, acidez, quantidade de fermento, umidade e consistência massa.

4.4.4 Feedback e Lições Aprendidas

Ao final da aplicação do QFD – Para Recomendação de Tecnologias 4.0, pediu-se para que o produtor rural avaliasse a ferramenta quanto ao atingimento do objetivo proposto por ela, sendo assim, perguntou-se: **"De 0 a 10 qual é a nota que você atribui para o uso da ferramenta quanto ao seu objetivo de selecionar as tecnologias 4.0 a serem aplicadas em um processo?**

Para essa pergunta, o produtor deu nota 8, uma vez que segundo ele havia alguns pontos a melhorar como a etapa de preenchimento da matriz, que deveria ser realizada por alguém especializado, no qual perguntas fossem feitas por um *check-list* que permitisse a PME a responder de maneira fácil essas perguntas. Como pontos positivos da ferramenta, o produtor argumentou que a ferramenta permitiu compreender o seu processo no detalhe, as variáveis de controle envolvidas e as fontes de desperdícios, o que a rotina do dia-dia não permite perceber. Diante disso, verifica-se que a ferramenta consegue sim cumprir seu objetivo, no entanto, percebe-se a necessidade uma um especialista da área de tecnologias para realizar ou auxiliar a PME a preencher a ferramenta. Além disso, notou-se dificuldades na etapa de análise dos requisitos, no qual se verifica a viabilidade ou não de uso das tecnologias priorizadas, o que evidencia a necessidade de explorar esse ponto em próximas versões da ferramenta.

5 DISCUSSÃO

Com relação aos resultados obtidos na etapa de RBS, as 12 tecnologias 4.0 identificadas foram: *Big Data and Analytics*, *IA*, *CPS*, *Cloud Computing*, *Edge/Fog Computing*, *Mobile Computing*, *Robots*, Realidade Virtual e Aumentada, *Blockchain*, *Visual Computing*, *IoT* e *Digital Twin*. Diante disso, é importante salientar que essa identificação se trata de um recorte, delimitado no tempo, da literatura feito pelo pesquisador, voltado especificamente paras as tecnologias encontradas em *smart farms* da literatura, o que pode ter ocasionado a exclusão de inúmeras outras tecnologias 4.0 que já se sabe estar relacionadas à Indústria 4.0. Além disso, algumas das tecnologias identificadas, muitas vezes, funcionam como pré-requisito para uma outra ou até mesmo pode ser compreendida como sendo a mesma tecnologia, mas direcionada para realizar uma função ou aplicação específica.

As três tecnologias mais encontradas nas *smart farms* da literatura foram: a Internet das Coisas, Big Data e Analytics e Cloud Computing. No entanto, a Realidade Virtual e Aumentada, e *Digital Twin*, apesar de elas serem citadas na literatura como tecnologias aplicáveis às *smart farms*, nenhuma das 80 fazendas inteligentes identificadas no trabalho as apresentaram.

Sobre os resultados obtidos com o desenvolvimento da ferramenta, é importante salientar que a ferramenta desenvolvida, apesar de ser obtida através de uma adaptação do QFD, possui um objetivo e contexto de aplicação diferentes, o que alterou algumas operações comumente realizadas no QFD e a forma como uma matriz fornece informação para as outras. Um exemplo disso são as operações de conversão e correlação que existem na versão original.

É importante lembrar que as matrizes propostas têm o objetivo de recomendar quais tecnologias utilizar, em quais etapas de um processo elas poderiam ser aplicadas e os parâmetros de controle que devem ser gerenciados, por isso, as três matrizes, de tecnologia, de processo e de produção são propostas. Mas isso não impede que outros desdobramentos sejam feitos a partir da primeira matriz, como aqueles relacionados ao detalhamento do trabalho, aos componentes e matérias-primas (recursos), etc.

Com relação aos resultados obtidos com o estudo de caso, obteve-se o QFD preenchido, o *feedback* sobre o cumprimento do objetivo da ferramenta e sua aplicação, e sugestões de melhorias. Sobre o resultado obtido com o QFD preenchido, a ferramenta recomendou as tecnologias Big Data, IA e IoT para serem aplicadas nas etapas de fabricação – fermentos e coalho, drenagem, enforma e maturação dos processos de produção cujos parâmetros de

controle devem ser temperatura, acidez, quantidade de fermento, umidade e consistência massa. É interessante perceber que 2 das tecnologias recomendadas correspondem as duas das três tecnologias mais identificadas na RBS, o que pode ser uma evidência prática de um resultado teórico.

Sobre o cumprimento do objetivo da ferramenta, segundo o produtor rural, a ferramenta conseguiu sim cumprir o seu objetivo de recomendar tecnologias 4.0 para um processo. Ele forneceu nota 8 (entre 0 e 10) para esse cumprimento, não dando nota máxima porque, segundo ele, a ferrramenta ainda não ocasiona a implementação de fato das tecnologias no processo, apesar de esse não ser um dos objetivos da ferramenta. Um aspecto positivo relatado pelo produtor foi que a ferramenta permitiu a ele obter uma visão das necessidades das necessidades dele e de seu processo, proporcionando a ele uma melhor visão do seu negócio.

Sobre as melhorias, este trabalho orginalmente propôs construir e fornecer roteiros e uma tabela auxiliar que ajudassem a PME a obter as informações necessárias para o preenchimento do QFD. Apesar disso, ao final do estudo de caso, percebeu-se a necessidade de um especialista na área tecnológica para executar o preenchimento da ferramenta, mesmo com o uso dos roteiros e da tabela auxiliar desenvolvida, uma vez que o produtor alegou não possuir *background* na área tecnológica suficiente para executar tal função. Tal questão da falta de conhecimento sobre tecnologias foi uma das questões identificadas durante o estudo deste trabalho sobre as barreiras e dificuldades das PME, que está na seção 2.5 deste trabalho. Nesse sentido, a tabela auxiliar desenvolvida contribui mais em ajudar o especialista a fazer as perguntas corretas para a PME, do que ter todas as informações para o seu preenchimento ou permitir que a PME consiga preencher a ferramenta sozinha.

Diante dos resultados, esta pesquisa conseguiu cumprir com o seu objetivo, à medida que, uma vez que possibilita o passo inicial através da ferramenta desenvolvida. Porém, através dessa discussão, algumas recomendações se fazem necessárias para futuras versões e aplicações da ferramenta.

Recomenda-se, por exemplo, que a aplicação da ferramenta seja realizada por um especialista na área tecnológica que conheça as tecnologias 4.0, suas aplicabilidades e seus requisitos, uma vez que o mesmo saberia obter informações mais coerentes com a realidade de uso das tecnologias. Uma outra recomendação, a fim de favorecer a obtenção dessas informações, seria o desenvolvimento de um questionário acessório ao Roteiro 7 – Aplicação do QFD, que tornasse as informações necessárias para o preenchimento em perguntas de fácil

entendimento para serem aplicadas a PME. Além disso, outras operações, desdobramentos e matrizes poderiam ser adicionadas a fim de robustecer a ferramenta a alcançar o seu objetivo.

6 CONCLUSÃO

6.1 Visão Geral do Trabalho

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de desenvolver uma ferramenta que pudesse recomendar tecnologias 4.0 para qualquer processo organizacional de uma PME brasileira do setor agropecuário, a fim de que esse tipo de organização iniciasse a sua modernização, tornando-se mais competitiva frente ao cenário 4.0. Para isso, optou-se pela adaptação de uma ferramenta já conhecida da literatura, o QFD – *Quality Fuction Deployment* (Desdobramento da Função Qualidade) das 4 fases, a fim de que a partir das necessidades e desejos de um cliente, no caso uma PME, pudesse ser identificada quais características do produto, no caso, quais tecnologias, seriam as mais importantes para se garantir a satisfação do cliente e as necessidades do seu negócio.

Neste contexto, pelos resultados obtidos com a pesquisa e pelo *feedback* fornecido pelo produtor rural durante o estudo de caso, verificou-se que a ferramenta, e consequentemente esta pesquisa, conseguiu cumprir o seu objetivo, recomendando as tecnologias 4.0 mais aplicáveis as necessidades e ao processo de produção de queijo artesanal estudado. Além disso, a ferramenta permitiu ao produtor rural uma visão sistêmica do seu processo produtivo, o que pode ser considerado um passo inicial importante para a implementação das tecnologias, uma vez que permite a PME vislumbrar os benefícios desse investimento. No final da aplicação, constatou-se a necessidade de haver um profissional da área tecnológica acompanhando o preenchimento da ferramenta pela PME ou até mesmo a preenchendo, já que se notou algumas dificuldades do pequeno produtor para fornecer e preencher as informações necessárias da ferramenta, mesmo fazendo uso da tabela auxiliar desenvolvida para esse fim.

Diante do exposto, percebe-se que ainda há um longo caminho entre a recomendação de tecnologias e a sua implementação de fato em uma PME. No entanto, a partir deste trabalho, espera-se contribuir para que as PMEs brasileiras possam ter um direcionamento de como iniciar essa revolução tecnológica nos seus negócios a partir da escolha de qual tecnologia utilizar, como proposto pela ferramenta desenvolvida.

6.2 Limitações do Trabalho

Este trabalho ao explorar a Agricultura 4.0 limitou-se ao assunto *smart farms*, não abordando toda a cadeia da Agricultura 4.0 que possa existir. Além disso, este trabalho optou por utilizar na etapa de revisão bibliográfica sistemática apenas palavras-chave relacionadas à agricultura digital e/ou agricultura inteligente em vez do termo agricultura de precisão, que aparece em alguns trabalhos sobre esse tema, o que pode ter excluídos alguns trabalhos e tecnologias relacionados ao assunto.

Com relação a ferramenta desenvolvida, houve a subtração de algumas operações comumente realizadas no QFD, como aquelas relacionadas a conversão dos requisitos dos clientes em características do produto e aquelas relacionadas a análise de relação (positiva ou negativa) entre os requisitos ou características de qualidade do produto. Se aplicadas, tais operações poderiam fornecer uma visão mais robusta sobre os requisitos e as características de qualidade. Além disso, a forma como o resultado de uma matriz fornece informação para as outras foi um pouco alterada, o que pode descaracterizar a função original do QFD. Com relação a tabela auxiliar desenvolvida para ajudar no preenchimento do QFD, nota-se uma limitação na sua criação porque as informações foram obtidas e organizadas pelo pesquisador deste trabalho com a ajuda de um professor da área tecnológica, necessitando, portanto, de uma validação por outros especialistas, para se obter um conteúdo mais amplo e, talvez, mais coerente com a realidade.

Sobre a aplicação do estudo de caso, a coleta das informações aconteceu de maneira remota, através de conversas por telefone ou videoconferência, sem visitas *in loco*, devido à pandemia de Covid-19, o que pode ter impactado a coleta das informações em algum sentido. Porém, para tentar evitar esse problema, as perguntas realizadas foram repetidas diversas vezes, em diferentes momentos das conversas, a fim de, constantemente, confrontar-se as informações que eram fornecidas pelo produtor rural. Além disso, a aplicação do estudo de caso limitou-se a apenas o processo de produção, uma vez que era o processo de maior importância para o produtor e de maior valor agregado do seu negócio, não abordado outros tipos de processos, como os administrativos ou de comercialização e venda, que possuem influencia também sobre os negócios.

6.3 Recomendações para Trabalhos Futuros

A literatura sobre *smart farms* aponta diversos desafios tecnológicos que ainda precisam ser resolvidos, por isso, espera-se que trabalhos futuros se concentrem em solucionar essas questões. Além disso, as questões culturais e sociais ainda são pouco estudadas na literatura e precisam, portanto, ser melhor investigadas para se ter um entendimento amplo sobre o assunto e verificar os porquês da pouca adoção dessas tecnologias em PMEs. Outro ponto importante é o fato de se encontrar poucos exemplos de fazendas inteligentes no mundo real e de soluções que cobrem mais de uma parte do negócio, isso poderia ser melhor explorado.

Com relação a esta pesquisa desenvolvida, outros trabalhos podem explorar a ferramenta com o objetivo de deixá-la mais intuitiva e de fácil preenchimento, a ponto de uma PME preenchê-la sem a necessidade do auxílio de um profissional. Podem também explorar outros tipos de desdobramentos, como os relacionados as atividades de trabalho, aos componentes e as matérias-primas, o desenvolvimento de outras tabelas auxiliares e a incorporação de volta de algumas das operações comumente realizadas no QFD. Um outro ponto, diz respeito a realização de uma análise de viabilidade, econômica ou de outra natureza, para a implementação das tecnologias pela PME; isso precisa ser melhor explorado, apesar da ferramenta propor uma análise nesse sentido.

REFERÊNCIAS

A model for smart agriculture using IOT | Request PDF. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333191742_A_model_for_smart_agriculture_using_IOT>. Acesso em: 17 feb. 2021.

AAZAM, M.; ZEADALLY, S.; HARRAS, K. A. Deploying Fog Computing in Industrial Internet of Things and Industry 4.0. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 14, n. 10, p. 4674–4682, 1 Oct. 2018.

ACETO, G.; PERSICO, V.; PESCAPÉ, A. **A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and ChallengesIEEE Communications Surveys and Tutorials**Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., , 1 Oct. 2019.

AgriFog-A Fog Computing based IoT for Smart Agriculture. . [s.l: s.n.].

AL-ALI, A. R. et al. IoT-solar energy powered smart farm irrigation system. **Journal of Electronic Science and Technology**, v. 30, n. 40, p. 1–14, 2020.

ALIEV, K. et al. Internet of plants application for smart agriculture. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 9, n. 4, p. 421–429, 2018.

ANNOSI, M. C. et al. Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. **Computers in Industry**, v. 109, p. 59–71, 1 Aug. 2019.

ANTONIO, D. G.; NORTH, K. Aprender a crescer: como as micro e pequenas empresas de Santa Catarina podem enfrentar os desafios do crescimento. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, p. 6–23, 16 Jul. 2016.

ANTÔNIO. N, A. **Metodologia da Pesquisa Científica. Guia Prático Para Apresentação de Trabalho**. 3ª edição ed. [s.l.] Visual Books, 2018.

AROOJ, M.; ASIF, M.; ZEESHAN, S. Modeling Smart Agriculture using SensorML. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 8, n. 5, 2017.

AUGUSTO, C. M. P. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007.

AWAN, K. A. et al. AgriTrust—A Trust Management Approach for Smart Agriculture in Cloud-based Internet of Agriculture Things. **Sensors**, v. 20, n. 21, p. 6174, 29 Oct. 2020a.

AWAN, S. H. et al. Smart energy control internet of things based agriculture clustered scheme for smart farming. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 11, n. 3, p. 162–169, 2020b.

AWAN, S. H. et al. BlockChain with IoT, an emergent routing scheme for smart agriculture. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 11, n. 4, p. 420–429, 30 Jun. 2020c.

BALDAM, R; VALLE, R.; ROZENFELD. H. **Gerenciamento de processos de negócio-BPM: uma referência para implantação prática**. 1a edição ed.Elsevier, 2014.

BELANCHE, A. et al. Optimizing management of dairy goat farms through individual animal data interpretation: A case study of smart farming in Spain. **Agricultural Systems**, v. 173, p. 27–38, 1 Jul. 2019.

BOONCHIENG, E.; CHIEOCHAN, O.; SAOKAEW, A. Smart farm: Applying the Use of NodeMCU, IOT, NETPIE and LINE API for a lingzhi mushroom farm in Thailand. **IEICE Transactions on Communications**, v. E101B, n. 1, p. 16–23, 1 Jan. 2018.

BOONNAM, N. et al. Optimal Plant Growth in Smart Farm Hydroponics System using the Integration of Wireless Sensor Networks into Internet of Things. **Advances in Science, Technology and Engineering Systems**, v. 2, n. 3, p. 1006–1012, 2017.

BRAUN, S.; CARBON, R.; NAAB, M. Piloting a mobile-app ecosystem for smart farming. **IEEE Software**, v. 33, n. 4, p. 9–14, 1 Jul. 2016.

BRUN-LAGUNA, K. et al. Using SmartMesh IP in Smart Agriculture and Smart Building applications. **Computer Communications**, v. 121, p. 83–90, 1 May 2018.

BU, F.; WANG, X. A smart agriculture IoT system based on deep reinforcement learning. **Future Generation Computer Systems**, v. 99, p. 500–507, 1 Oct. 2019.

CALUGARU, A. et al. WEB PLATFORM SOLUTION FOR SMART FARMING MANAGEMENT. **Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering**, v. VIII, 2019.

CAMBRA, C. et al. Smart system for bicarbonate control in irrigation for hydroponic precision farming. **Sensors (Switzerland)**, v. 18, n. 5, 1 May 2018.

CARDOZA, G. et al. Barriers and public policies affecting the international expansion of Latin American SMEs: Evidence from Brazil, Colombia, and Peru. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 6, p. 2030–2039, 1 Jun. 2016.

CHEN, B. et al. Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. **IEEE Access**, v. 6, p. 6505–6519, 13 Dec. 2017.

CHENG, C. L. et al. **QFD: planejamento da qualidade**. 1a edição ed.Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

CHOI, S. H.; GHIL, M. S.; MUN, H. J. Development of an ultrasonic wave emission system based on multimedia database in a smart farm. **Multimedia Tools and Applications**, 2020.

CLASSIFICAÇÃO PRODUTOR RURAL. . [s.l: s.n.].

CODELUPPI, G. et al. LoraFarM: A LoRaWAN-based smart farming modular IoT architecture. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 7, 1 Apr. 2020.

COLEZEA, M. et al. CLUeFARM: Integrated web-service platform for *smart farms*. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 154, p. 134–154, 1 Nov. 2018.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; & SILVA, L. Roteiro para revisao bibliografica sistematica: Aplicacao no desenvolvimento de productos e gerenciamento de projetos.

Instituto de Gestao de Desenvolvimento do Produto, Congresso Brasileiro de Gestao de Desenvolvimento de Produto—CBGDP, p. 12, 2011.

LIMA, R. F. **Tecnologias emergentes na indústria 4.0: uma análise bibliométrica**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista (UNESP), 18 Feb. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192204>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DE SOUZA, P. M. et al. Regional differences of technology in family farming in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 4, p. 594–617, 2019.

DRATH, R.; HORCH, A. **Industrie 4.0: Hit or hype? [Industry Forum]IEEE Industrial Electronics Magazine**Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., , 2014.

FOUNTAS, S. et al. The Future of Digital Agriculture: Technologies and Opportunities. **IT Professional**, v. 22, n. 1, p. 24–28, 1 Jan. 2020.

GARUD, R. R.; MANE, P. B. Smart farming using temperature sensor, moisture sensor, flow sensor and ultrasonic sensor leading to water conservation. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 4426–4431, 1 Sep. 2019.

GODKE VEIGA, M.; MCCAHERY, J. A. The Financing of Small and Medium-Sized Enterprises: An Analysis of the Financing Gap in Brazil. **European Business Organization Law Review**, v. 20, n. 4, p. 633–664, 1 Dec. 2019.

GU, X. et al. A MCIN-based architecture of smart agriculture. **International Journal of Crowd Science**, v. 1, n. 3, p. 237–248, 4 Sep. 2017.

GUANZIROLI, C.; BUAINAIN, A.; SABBATO, A. Family farming in Brazil: Evolution between the 1996 and 2006 agricultural censuses. **Journal of Peasant Studies**, v. 40, n. 5, p. 817–843, Sep. 2013.

GULEC, O.; HAYTAOGLU, E.; TOKAT, S. A Novel Distributed CDS Algorithm for Extending Lifetime of WSNs with Solar Energy Harvester Nodes for Smart Agriculture Applications. **IEEE Access**, v. 8, p. 58859–58873, 2020.

GURNULE, P. V. Economical smart agriculture monitoring system. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 2, p. 3669–3671, 1 Jul. 2019.

HAPPILA, T. et al. Smart agriculture monitoring system using IoT. **Test Engineering and Management**, v. 82, p. 10973–10977, 1 Jan. 2020.

HASEEB, K. et al. An Energy Efficient and Secure IoT-Based WSN Framework: An Application to Smart Agriculture. **Sensors**, v. 20, n. 7, p. 2081, 7 Apr. 2020.

HELFAND, S. M.; RADA, N. E.; MAGALHÃES, M. M. Brazilian Agriculture: Is it all about the Large Farms? **EuroChoices**, v. 16, n. 1, p. 17–22, 1 Apr. 2017.

HORVÁTH, D.; SZABÓ, R. Z. Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 146, p. 119–132, 1 Sep. 2019.

HUSSAIN AWAN, S. Role of Internet of Things (IoT) with Blockchain Technology for the

Development of Smart Farming. **JOURNAL OF MECHANICS OF CONTINUA AND MATHEMATICAL SCIENCES**, v. 14, n. 5, 31 Oct. 2019.

IBGE. **Censo Agro 2017** . [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

IM, H. et al. Flexible PI-Based Plant Drought Stress Sensor for Real-Time Monitoring System in Smart Farm. **Electronics**, v. 7, n. 7, p. 114, 16 Jul. 2018.

INGALDI, M.; ULEWICZ, R. Problems with the implementation of industry 4.0 in enterprises from the SME sector. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 1, 1 Jan. 2020.

IONG-ZONG CHEN, J.; HENGJINDA, P. Applying AI Technology to the Operation of Smart Farm Robot. **Sensors and Materials**, v. 31, n. 5, p. 1777–1788, 2019.

JAVED MEHEDI SHAMRAT, F. M. et al. A web based application for agriculture: “smart farming system”. **International Journal of Emerging Trends in Engineering Research**, v. 8, n. 6, p. 2309–2320, 1 Jun. 2020.

JAWAD, H. M. et al. Accurate Empirical Path-Loss Model Based on Particle Swarm Optimization for Wireless Sensor Networks in Smart Agriculture. **IEEE Sensors Journal**, v. 20, n. 1, p. 552–561, 1 Jan. 2020.

JAYARAMAN, P. P. et al. Internet of Things Platform for Smart Farming:Experiences and Lessons Learnt. **Sensors (Switzerland)**, v. 16, n. 11, 1 Nov. 2016.

JIANG, H. et al. CNN feature based graph convolutional network for weed and crop recognition in smart farming. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 174, p. 105450, 1 Jul. 2020.

KALE, A. P.; SONAVANE, S. P. IoT based Smart Farming: Feature subset selection for optimized high-dimensional data using improved GA based approach for ELM. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 161, p. 225–232, 1 Jun. 2019.

KHOA, T. A. et al. Smart agriculture using IoT multi-sensors: A novel watering management system. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, v. 8, n. 3, 2019.

KIM, S.; LEE, M.; SHIN, C. IoT-based strawberry disease prediction system for smart farming. **Sensors (Switzerland)**, v. 18, n. 11, 20 Nov. 2018.

KUMMAR, L. S. et al. **Data Visualisation for Smart Farming Using Mobile ApplicationIJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security**. [s.l: s.n.].

LEE, S. et al. Practical Monitoring of Undergrown Pigs for IoT-Based Large-Scale Smart Farm. **IEEE Access**, v. 7, p. 173796–173810, 2019.

LEE, S. A.; LEE, B. G. Accurate 3D Surface Reconstruction for Smart Farming Application with an Inexpensive Shape from Focus System. **Journal of Sensors**, v. 2020, 2020.

LEITE, R. et al. Overcoming barriers for adopting cleaner production: A case study in Brazilian small metal-mechanic companies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 17, 1 Sep. 2019.

LI, J. Q. et al. Industrial Internet: A Survey on the Enabling Technologies, Applications, and Challenges. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, v. 19, n. 3, p. 1504–1526, 1 Jul. 2017.

LI, X. et al. A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. **Automation in Construction**, v. 86, p. 150–162, 1 Feb. 2018.

LI, X. et al. Edge Computing-Enabled Wireless Sensor Networks for Multiple Data Collection Tasks in Smart Agriculture. **Journal of Sensors**, v. 2020, 2020.

LIAO, Y.; LOURES, E. D. F. R.; DESCHAMPS, F. Industrial Internet of Things: A Systematic Literature Review and Insights. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 6, p. 4515–4525, 1 Dec. 2018.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. e1000100, 21 Jul. 2009.

LIN, J. et al. A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 4, n. 5, p. 1125–1142, 1 Oct. 2017.

LIN, X. et al. Advanced energy consumption system for smart farm based on reactive energy utilization technologies. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 86, p. 106496, 1 Jan. 2021.

MAIA, A. G.; EUSÉBIO, G. DOS S.; DA SILVEIRA, R. L. F. Can credit help small family farming? Evidence from Brazil. **Agricultural Finance Review**, v. 80, n. 2, p. 212–230, 25 Nov. 2019.

MALIK, A. W. et al. Leveraging Fog Computing for Sustainable Smart Farming Using Distributed Simulation. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 4, p. 3300–3309, 1 Apr. 2020.

QUEIROZ, D. et al. **Agricultura Digital**. 1º¦ Edição ed. [s.l.] Editora UFV, 2020.

MEKALA, M. S.; VISWANATHAN, P. CLAY-MIST: IoT-cloud enabled CMM index for smart agriculture monitoring system. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 134, p. 236–244, 1 Feb. 2019.

MEKALA, M. S.; VISWANATHAN, P. (t,n): Sensor Stipulation with THAM Index for Smart Agriculture Decision-Making IoT System. **Wireless Personal Communications**, v. 111, n. 3, p. 1909–1940, 1 Apr. 2020.

MIGUEL, C. A. P. **Implementação do qfd para o desenvolvimento de novos produtos**. 1a edição ed.Editora Atlas, 2018.

MIGUEL. C, A. Metodologia da Pesquisa Científica. Guia Prático Para Apresentação de Trabalho. 3a edição ed. [s.l.] Visual Books, 2018.

MOEUF, A. et al. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1118–1136, 2018.

MOEUF, A. et al. Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 5, p. 1384–1400, 3 Mar. 2020.

MUANGPRATHUB, J. et al. IoT and agriculture data analysis for smart farm. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 156, p. 467–474, 1 Jan. 2019.

MUKHERJEE, A. et al. Distributed aerial processing for IoT-based edge UAV swarms in smart farming. **Computer Networks**, v. 167, p. 107038, 11 Feb. 2020.

MUNIRAJ, M.; ARULMOZHIYAL, R. Investigation on Solar PV generation and design of switched reluctance motor for Smart Agriculture actuation system. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, p. e18160767, 2018.

MUSAT, G. A. et al. Advanced services for efficient management of *smart farms*. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, v. 116, p. 3–17, 1 Jun. 2018.

NARESH, M.; MUNASWAMY, P. **Smart Agriculture System using IoT TechnologyInternational Journal of Recent Technology and Engineering**. [s.l: s.n.].

NAWANDAR, N. K.; SATPUTE, V. IoT based intelligent irrigation support system for smart farming applications. **ADCAIJ: ADVANCES IN DISTRIBUTED COMPUTING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE JOURNAL**, v. 8, n. 2, p. 75, 14 Mar. 2019.

NEGRI, E.; FUMAGALLI, L.; MACCHI, M. A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 939–948, 2017.

NEIROTTI, P.; RAGUSEO, E.; PAOLUCCI, E. How SMEs develop ICT-based capabilities in response to their environment: Past evidence and implications for the uptake of the new ICT paradigm. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 31, n. 1, p. 10–37, 2018.

NOREK, T.; ARENHARDT, D. L. Comparative analysis of innovative activity determinants in selected SMS's in Brazil and Poland. Results of empirical researches. **Equilibrium**, v. 10, n. 2, p. 157, 30 Jun. 2015.

O que é o agronegócio? - FEE. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/sinteseilustrada/o-que-e-o-agronegocio/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

ODEH, M. M.; DOS SANTOS MOREIRA, E.; LEITE MADEIRA, T. F. **Electronic commerce and its socio-economic implications in Brazilian small and medium enterprises**. International Symposium on Technology and Society. **Anais**...2002

PACHECO, D. A. DE J. et al. Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs from emerging markets: Systematic literature review and challenges. **Journal of Engineering and Technology Management - JET-M**, v. 48, p. 44–63, 1 Apr. 2018.

PARÉ, G. et al. Synthesizing information systems knowledge: A typology of literature reviews. **Information and Management**, v. 52, n. 2, p. 183–199, 1 Mar. 2015.

PATIL, S. M.; SAKKARAVARTHI, R. Internet of things based smart agriculture system using predictive analytics. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 10, p. 148–152, 1 Apr. 2017.

PECSON, J. S. et al. Management Information System for Smart Agriculture (MISSA) Soil Sensing in Initao , Misamis Oriental Roland. 2018.

PERERA, C. et al. A Survey on Internet of Things from Industrial Market Perspective. **IEEE Access**, v. 2, p. 1660–1679, 8 Jan. 2015.

PISANU, T. et al. Prototype of a low-cost electronic platform for real time greenhouse environment monitoring: An agriculture 4.0 perspective. **Electronics (Switzerland)**, v. 9, n. 5, 1 May 2020.

PIVOTO, D. et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 21–32, 1 Mar. 2018.

PLAZAS, J. E. et al. Data-centric UML profile for wireless sensors: Application to smart farming. **International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems**, v. 10, n. 2, p. 21–48, 1 Apr. 2019.

PRAUSE, M. Challenges of Industry 4.0 technology adoption for SMEs: The case of Japan. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 20, 1 Oct. 2019.

QUIROZ, I. A.; ALFÉREZ, G. H. Image recognition of Legacy blueberries in a Chilean smart farm through deep learning. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 168, p. 105044, 1 Jan. 2020.

RAMAKRISHNA, C. et al. Iot based smart farming using cloud computing and machine learning. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 9, n. 1, p. 3455–3458, 1 Nov. 2019.

RAMLI, M. R. et al. IoT-based adaptive network mechanism for reliable smart farm system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 170, p. 105287, 1 Mar. 2020.

RAO, M. S. et al. Smart agriculture: Automated controlled monitoring system using internet of things. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 8778–8784, 1 Sep. 2019.

Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 April 2013 Securing the future of German manufacturing industry Final report of the Industrie 4.0 Working Group. . [s.l: s.n.].

ROCHA, M. S. R.; CALDEIRA-PIRES, A. Environmental product declaration promotion in Brazil: SWOT analysis and strategies. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 1061–1072, 20 Oct. 2019.

RUBANGA, D. P.; HATANAKA, K.; SHIMADA, S. Development of a simplified smart agriculture system for small-scale greenhouse farming. **Sensors and Materials**, v. 31, n. 3, p. 831–843, 2019.

SA, I. et al. WeedNet: Dense Semantic Weed Classification Using Multispectral Images and MAV for Smart Farming. **IEEE Robotics and Automation Letters**, v. 3, n. 1, p. 588–595, 1 Jan. 2018.

SALAM, A. Subsurface MIMO: A Beamforming Design in Internet of Underground Things

for Digital Agriculture Applications. **Journal of Sensor and Actuator Networks**, v. 8, n. 3, p. 41, 10 Aug. 2019.

SAQIB, M.; ALMOHAMAD, T. A.; MEHMOOD, R. M. A low-cost information monitoring system for smart farming applications. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 8, 1 Apr. 2020.

Satellite and Aerial Image Processing for Smart Farming and Biodiversity Conservation. Disponível em: <https://ercim-news.ercim.eu/en113/special/satellite-and-aerial-image-processing-for-smart-farming-and-biodiversity-conservation>. Acesso em: 17 feb. 2021.

SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. [s.l.] EDIPRO, 2018.

SEBRAE. **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal Sebrae/Estudos e Pesquisas/Participacao das micro e pequenas empresas.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2021.

SEKARAN, K. et al. Smart agriculture management system using internet of things. **Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)**, v. 18, n. 3, p. 1275–1284, 2020.

SHAHZADI, R. et al. Internet of Things based Expert System for Smart Agriculture. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 7, n. 9, 2016.

SINHA, A.; SHRIVASTAVA, G.; KUMAR, P. Architecting user-centric internet of things for smart agriculture. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, v. 23, p. 88–102, 1 Sep. 2019.

SISINNI, E. et al. Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 14, n. 11, p. 4724–4734, 1 Nov. 2018.

Smart Agriculture Irrigation Control Using Wireless Sensor Networks, GSM and Android Phone. Disponível em: <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=ajit.2016.3780.3786>. Acesso em: 17 feb. 2021.

SOMMER, L. Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512–1532, 2015.

SRI HEERA, S. et al. Automated irrigation and smart farming. **International Journal of Engineering and Advanced Technology**, v. 8, n. 6 Special Issue 3, p. 1450–1452, 1 Sep. 2019.

STANKALLA, R.; KOVAL, O.; CHROMJAKOVA, F. A review of critical success factors for the successful implementation of Lean Six Sigma and Six Sigma in manufacturing small and medium sized enterprises. **Quality Engineering**, v. 30, n. 3, p. 453–468, 3 Jul. 2018.

SU, J. J.; DING, S. T.; CHUNG, H. C. Establishing a smart farm-scale piggery wastewater treatment system with the internet of things (IoT) applications. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 6, 1 Jun. 2020.

SUBASHINI, M. M. et al. Internet of things based wireless plant sensor for smart farming. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v. 10, n. 2, p. 456–468, 1 May 2018a.

SUBASHINI, M. M. et al. Internet of things based wireless plant sensor for smart farming. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v. 10, n. 2, p. 456–468, 1 May 2018b.

SYMEONAKI, E.; ARVANITIS, K.; PIROMALIS, D. A context-aware middleware cloud approach for integrating precision farming facilities into the IoT toward agriculture 4.0. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 3, 1 Feb. 2020.

TEMPLIER, M.; PARÉ, G. A framework for guiding and evaluating literature reviews. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 37, p. 112–137, 2015.

TOUSEAU, L.; LE SOMMER, N. L. Contribution of the web of things and of the opportunistic computing to the smart agriculture: A practical experiment. **Future Internet**, v. 11, n. 2, 1 Feb. 2019.

TRILLES, S.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A.; HUERTA, J. A comprehensive IoT node proposal using open hardware. A smart farming use case to monitor vineyards. **Electronics (Switzerland)**, v. 7, n. 12, 1 Dec. 2018.

TRILLES, S.; GONZÁLEZ-PÉREZ, A.; HUERTA, J. An IoT platform based on microservices and serverless paradigms for smart farming purposes. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 8, 2 Apr. 2020.

TÜRKEȘ, M. et al. Drivers and Barriers in Using Industry 4.0: A Perspective of SMEs in Romania. **Processes**, v. 7, n. 3, p. 153, 12 Mar. 2019.

USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**. Cham: Springer International Publishing, 2018.

VALLE, R.; BARBARA DE OLIVEIRA, S. **Análise E Modelagem De Processos De Negócio: Foco na Notação BPMN**. 1º edição ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

VERMA, S. K.; RAJESH, M.; VINCENT, R. Smart-farming using internet of things. **Journal of Computational and Theoretical Nanoscience**, v. 17, n. 1, p. 172–176, 2020.

VIANI, F. Experimental validation of a wireless system for the irrigation management in smart farming applications. **Microwave and Optical Technology Letters**, v. 58, n. 9, p. 2186–2189, 1 Sep. 2016.

WANG, S. et al. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 1, p. 3159805, 18 Jan. 2016.

WANG, S. W. **The effect and development strategies of digital agriculture during new countryside construction**. Proceedings of the 2011 2nd International Conference on Digital Manufacturing and Automation, ICDMA 2011. **Anais**...2011

WELTZIEN, C. **Digital agriculture - or why agriculture 4.0 still offers only modest returnsLandtechnik**Kuratorium fur Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), , 2016.

WIANGSAMUT, S.; CHOMPHUWISET, P.; KHUMMANEE, S. Chatting with Plants (Orchids) in Automated Smart Farming using IoT, Fuzzy Logic and Chatbot. **Advances in**

Science, Technology and Engineering Systems, v. 4, n. 5, p. 163–173, 2019.

XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research**, v. 39, n. 1, p. 93–112, 28 Mar. 2019.

XU, X.; HUA, Q. Industrial Big Data Analysis in Smart Factory: Current Status and Research Strategies. **IEEE Access**, v. 5, p. 17543–17551, 17 Aug. 2017.

XUE-FEN, W. et al. Design of distributed agricultural service node with smartphone in-field access supporting for smart farming in Beijing-Tianjin-Hebei region. **Sensors and Materials**, v. 30, n. 10, p. 2281–2293, 2018.

YANG, F. et al. A Cloud-Based Digital Farm Management System for Vegetable Production Process Management and Quality Traceability. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 4007, 1 Nov. 2018.

YANG, H. et al. Experimental analysis and evaluation of wide residual networks based agricultural disease identification in smart agriculture system. **Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking**, v. 2019, n. 1, p. 292, 1 Dec. 2019.

YOON, S.; KIM, H. Design and implementation of mobile integration system for smart farming. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, v. 9, n. 10, p. 223–230, 2014.

ZAINAL, N. et al. Design and implementation of smart farming system for fig using connected-argonomics. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, v. 9, n. 6, p. 5653–5662, 2019a.

ZAINAL, N. et al. Design and implementation of smart farming system for fig using connected-argonomics. **International Journal of Electrical and Computer Engineering**, v. 9, n. 6, p. 5653–5662, 2019b.

ZAMBON, I. et al. Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. **Processes**, v. 7, n. 1, p. 36, 11 Jan. 2019.

ZAMORA-IZQUIERDO, M. A. et al. Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. **Biosystems Engineering**, v. 177, p. 4–17, 1 Jan. 2019.

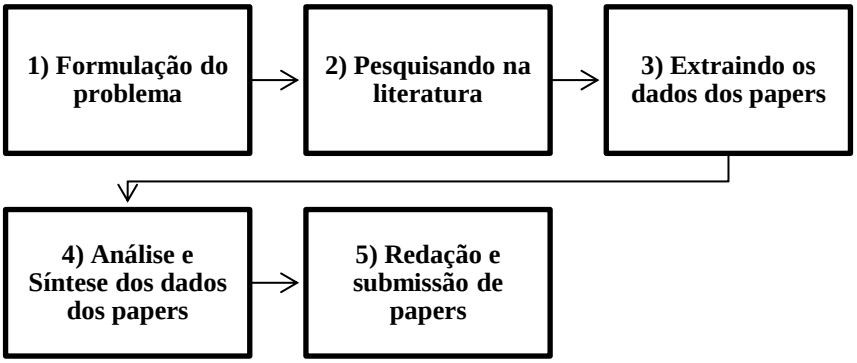
ZHAI, Z. et al. **Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challengesComputers and Electronics in Agriculture**Elsevier B.V., , 1 Mar. 2020.

ZHANG, J. et al. Service offloading oriented edge server placement in smart farming. **Software: Practice and Experience**, p. spe.2847, 18 Jun. 2020.

APÊNDICE A – Etapas da RBS

Aqui, tem-se a apresentação e o detalhamento das atividades realizadas na fase A, relacionada a RBS, conforme a Figura 41.

Figura 41 – Visão Geral da Fase A - RBS

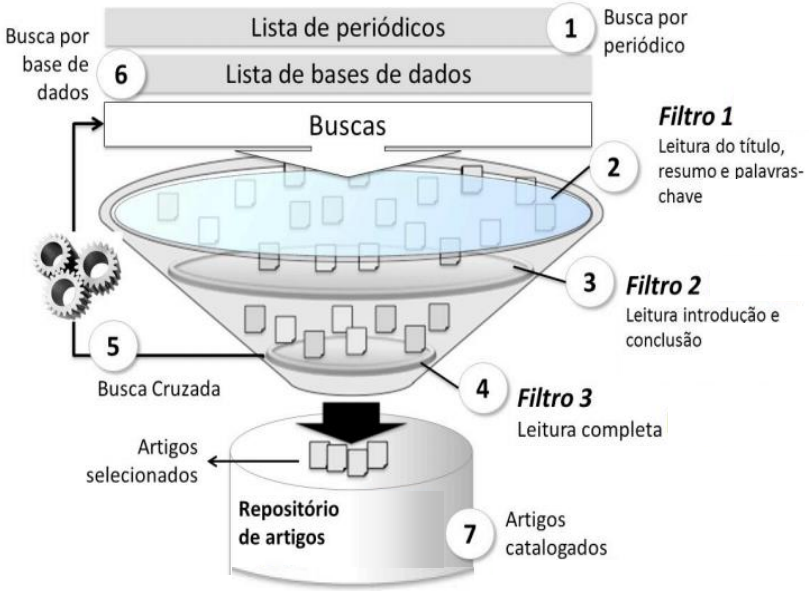


Fonte: Adaptado de Templier, Paré (2015).

Essa fase foi composta por cinco etapas:

a) **1ª Etapa - Formulação do problema:** Nessa etapa ocorreu a definição do objeto de estudo da revisão.
b) **2ª Etapa - Pesquisando na literatura:** Nessa etapa, deu-se início a busca por trabalhos relacionados ao objeto de estudo, as tecnologias 4.0. O objetivo nessa etapa foi identificar as tecnologias 4.0 aplicáveis a ambientes inteligentes no campo encontrados na literatura. Para isso, utilizou-se a abordagem apresentado por (CONFORTO; AMARAL; & SILVA, 2011), conforme a Figura 42 a seguir:

Figura 42 – Procedimento Iterativo de uma RBS



Fonte: Conforto, Amaral e Silva (2011).

Segundo a abordagem proposta, na atividade 1 ocorreu a definição das bases de dados, dos periódicos e da *string* de busca. Na atividade 2, teve-se o primeiro filtro, aplicando-se os critérios e inclusão ou exclusão, no qual, leu-se apenas o título, resumo e as palavras-chave dos *papers*; em seguida na atividade 3, um segundo filtro foi aplicado, agora a partir de uma leitura da introdução e conclusão; por fim aplicou-se um terceiro filtro, a partir da leitura completa do *paper*. A partir do filtro 3, o pesquisador tem informações acerca da eficácia das palavras-chave e *string* de busca escolhidas, desse modo, pode-se alterar a *string* e/ou adicionar ou retirar as palavras-chave usadas, realizando uma nova busca, como representado nas atividades 5 e 6 da figura, de maneira interativa, até se atingir o objetivo da revisão. Por fim, os artigos selecionados são catalogados. Os critérios de inclusão e exclusão nessa etapa são apresentados no Quadro 6 a seguir. O resultado da RBS com a lista dos *papers* selecionados da RBS podem ser encontrados na seção 4.2 e a relação dos *papers* no Apêndice B.

Quadro 6 – Os critérios de exclusão e inclusão dos papers

I/E	Critérios	Explicações
Exclusão (Triagem)	**Texto Duplicado (TD)**	O mesmo texto aparece em várias bases de dados.
	Sem Acesso ao Texto Completo (SA)	Os autores deste trabalho/bases de dados não permitem o acesso completo ao texto.
	Categorização Errada (CE)	O tipo do texto foi categorizado erroneamente. Ex.: Trata-se de um texto

		de conferência (*proceedings papers*) ou artigo ainda não finalizado ou publicado.
	Não é um Texto de Língua Inglesa (NI)	O texto não é escrito em língua inglesa.
	Implicitamente relacionado (IR)	O texto não aborda a questão de pesquisa ou aborda de maneira insuficiente.
	Seleção Errada (SE)	O texto foi erroneamente selecionado.
Inclusão (Elegibilidade)	**Selecionado (S)**	Tratam-se de trabalhos que respondem ao objetivo da revisão.

Fonte: Adaptado de Liao et al. (2018).

c) **3ª Etapa - Extraindo dados dos papers:** Nessa etapa ocorreu a extração e coleta das informações obtidas com os *paper* selecionados para se identificar as tecnologias 4.0 das *smart farms*.

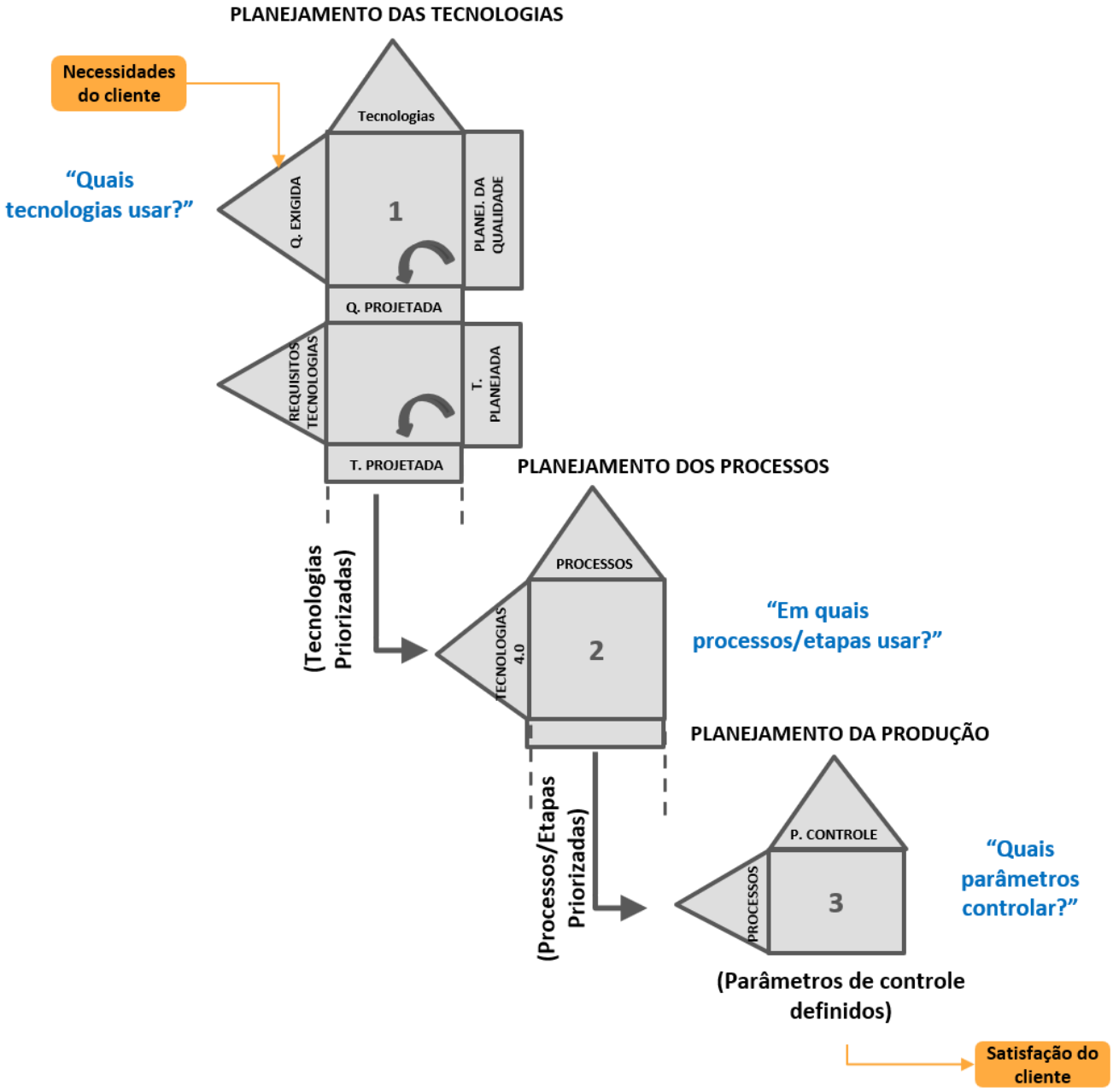
d) **4ª Etapa - Analisando e sintetizando dados dos papers:** Nessa etapa, as informações extraídas foram sintetizadas e organizadas. Os dados são apresentados no Capítulo 4 de Resultados, na seção 4.2.

e) **5ª Etapa - Redação e submissão de papers:** Nessa etapa ocorreu a redação de *papers* acadêmicos oriundos dos estudos do mestrando. Esta etapa aconteceu simultaneamente com outras atividades até ao final da pesquisa.

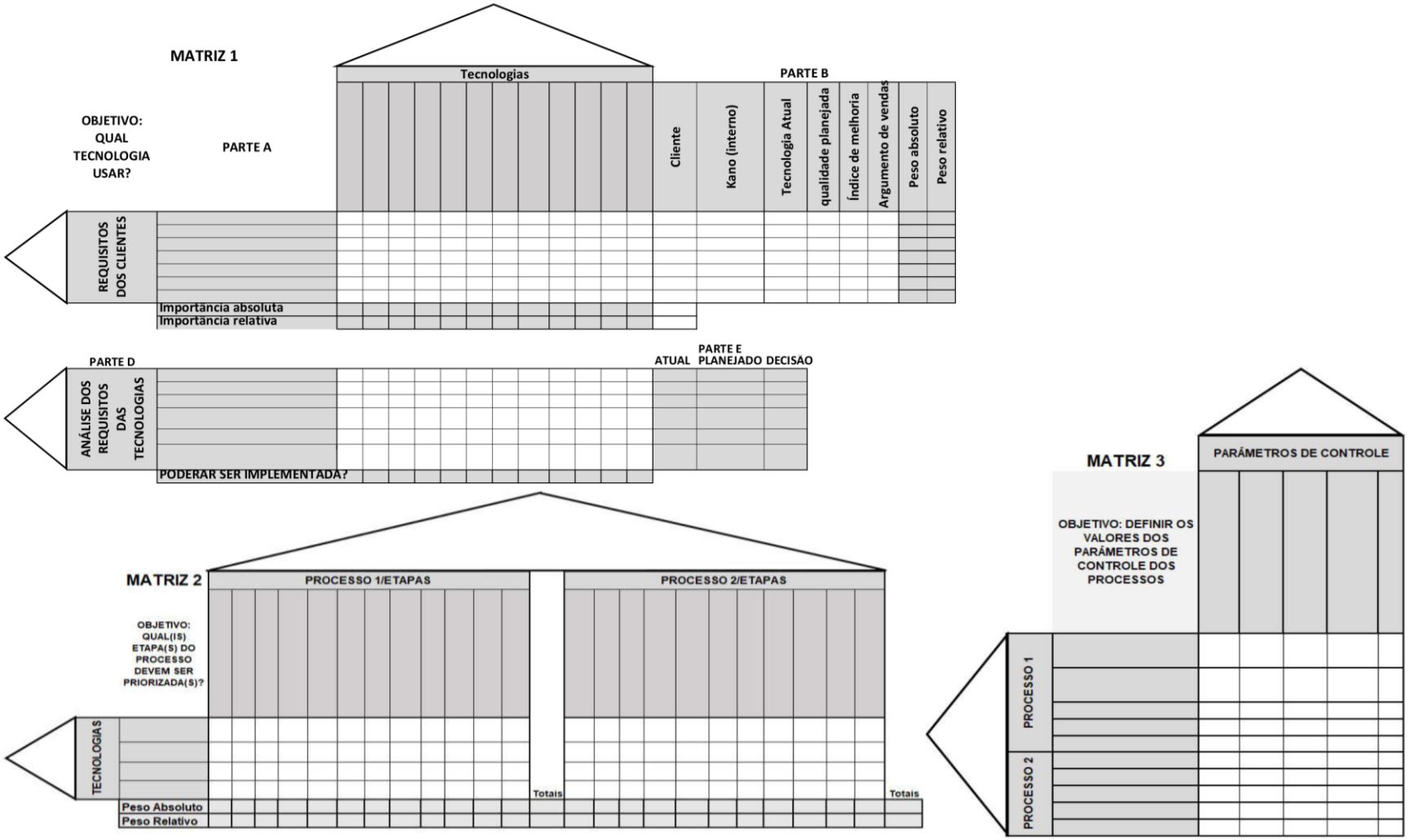
APÊNDICE B – Lista de Papers Incluídos e Excluídos da RBS

Uma lista com a relação dos papers incluídos e excluídos da RBS sobre Tecnologias 4.0 e componentes IoT das *Smart farms* está disponível no site da pesquisa: https://sites.google.com/usp.br/technologiesofsmartfarms. (Acessado em 14 de outubro de 2021).

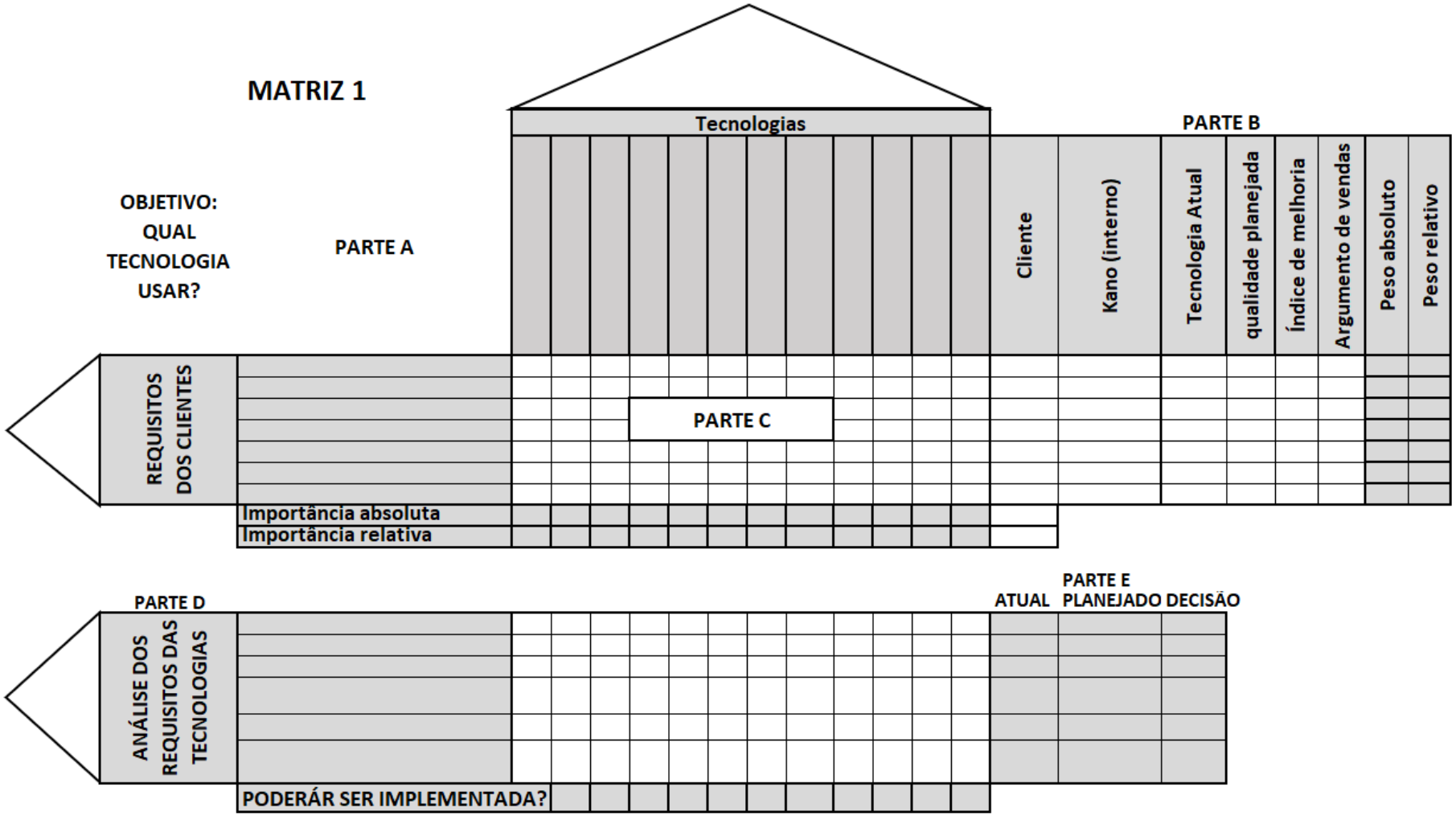
APÊNDICE C – Modelo Conceitual do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



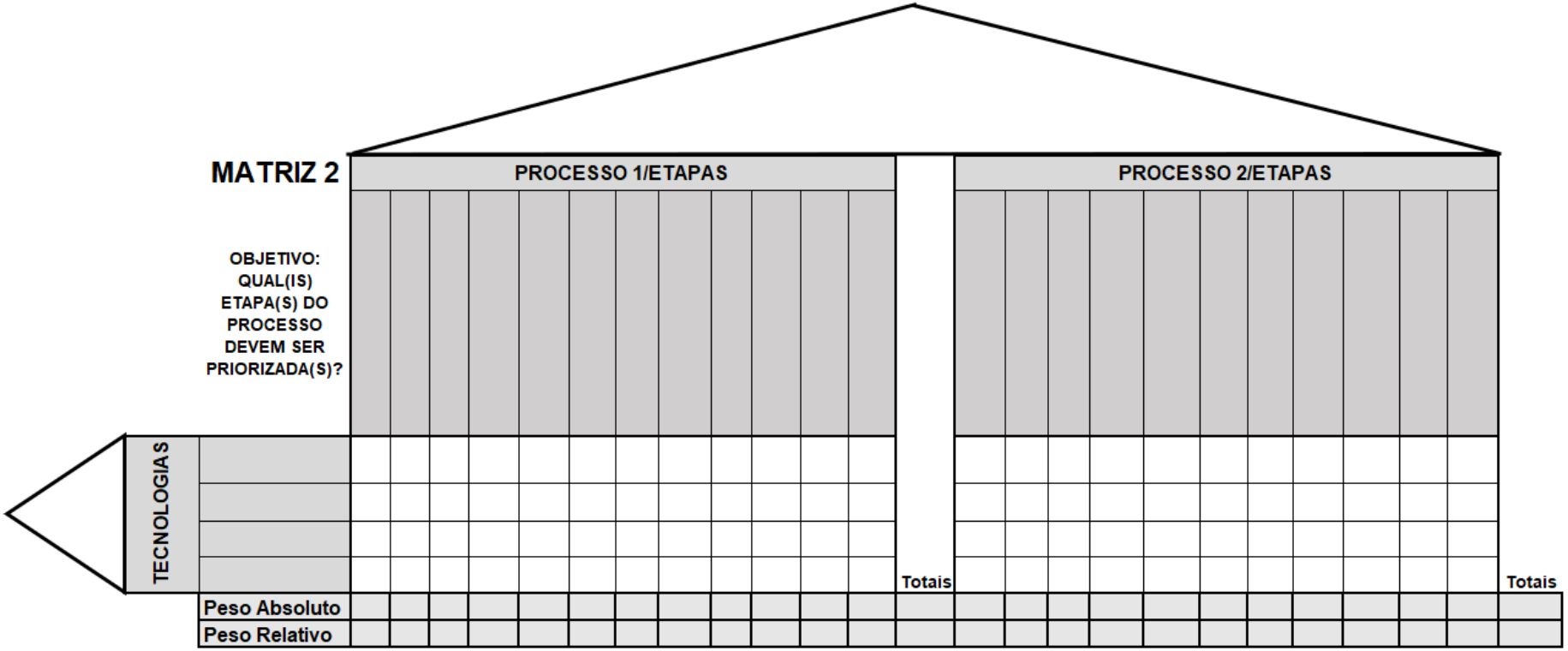
APÊNDICE D – Visão Geral do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



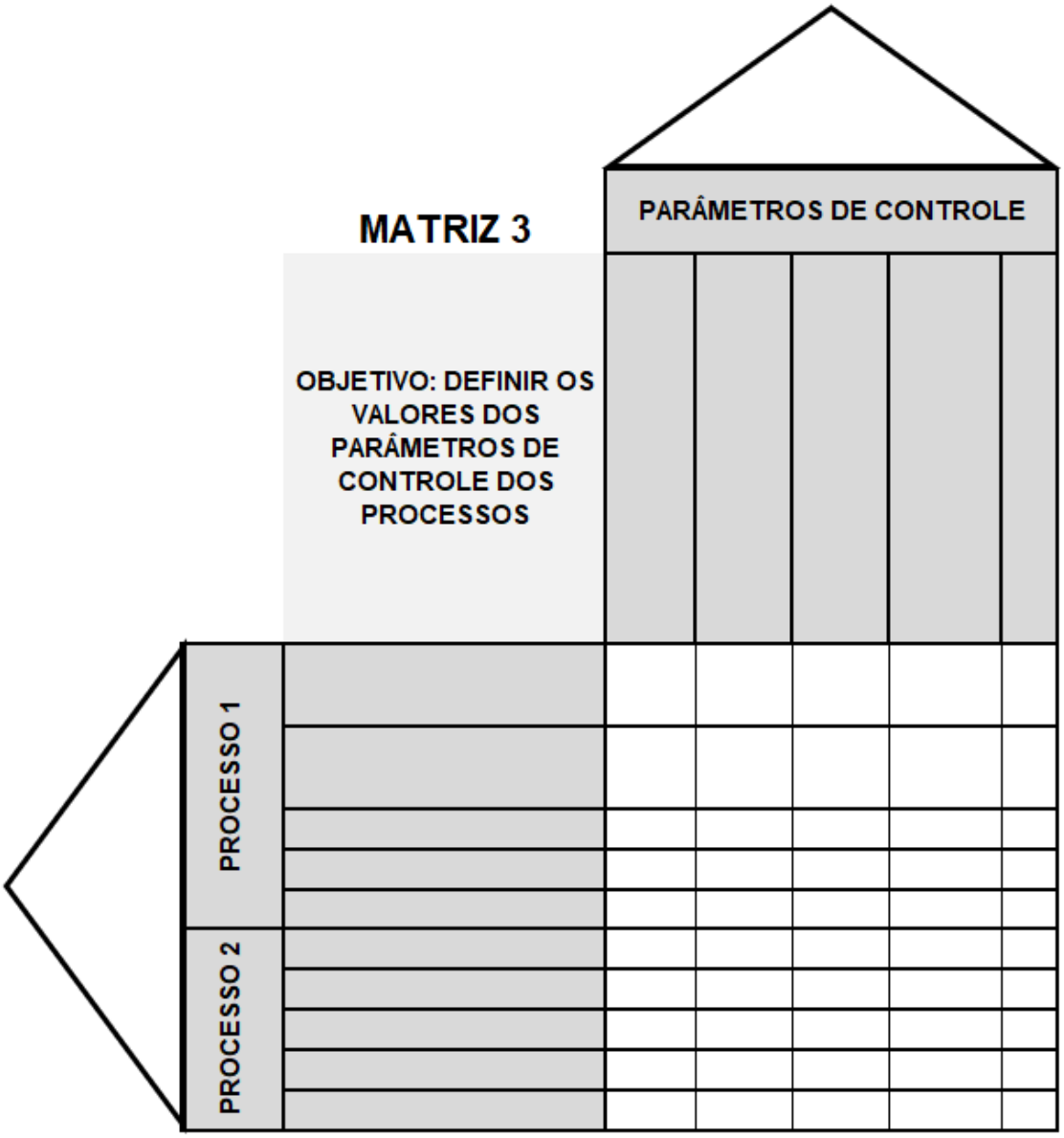
APÊNDICE E – Matriz 1 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



APÊNDICE F – Matriz 2 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



APÊNDICE G – Matriz 3 do QFD Para Recomendação de Tecnologias 4.0



APÊNDICE H – Tabela Auxiliar – Requisitos das Tecnologias 4.0

REQUISITOS/ TECNOLOGIAS	BIG DATA AND ANALYTICS	AI	CPS	CLOUD COMPUTING	EDGE/FOG COMPUTING	MOBILE COMPUTING	ROBOTS	VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY	BLOCKCHAIN	VISUAL COMPUTING	IoT	DIGITAL TWIN
Necessita de adaptação no processo?	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	ÀS VEZES	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	ÀS VEZES	QUASE SEMPRE
Necessita de ação constante do usuário?	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	ÀS VEZES	ÀS VEZES
Necessita de internet?	SEMPRE	SEMPRE	ÀS VEZES	SEMPRE	SEMPRE	SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	SEMPRE	ÀS VEZES	SEMPRE	ÀS VEZES
Necessita integração com outros sistemas, dispositivos, máquinas?	ÀS VEZES	ÀS VEZES	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE SEMPRE	ÀS VEZES	QUASE SEMPRE	ÀS VEZES	QUASE SEMPRE	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE NUNCA
É intuitivo?	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA
Necessita de alto investimento?	ÀS VEZES	ÀS VEZES	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE SEMPRE	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE	QUASE SEMPRE	ÀS VEZES	ÀS VEZES	QUASE NUNCA	QUASE SEMPRE

APÊNDICE I – Roteiros para Aplicação do QFD

ROTEIRO 1 – APRESENTAÇÃO E CARTA DE ACEITE	
Roteiro 1 de 8	**Etapa: Planejamento**

Descrição:	Apresentar a proposta do trabalho e verificar aceite	
Objetivos:	-Apresentar a proposta do trabalho e equipe -Verificar aceite ou não do cliente	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:	Termo de Abertura de Projeto	
Participantes:		

A) Apresentação da Proposta e Equipe:

B) Formas e Frequência de interação:

C) Escolha do processo a ser estudado:

D) Aceite ou não do cliente:

E) Outras informações:

ROTEIRO 2 – CONTEXTO ORGANIZACIONAL	
Roteiro 2 de 8	**Etapa: Planejamento**

Descrição:	Compreender o contexto organizacional do negócio	
Objetivo:	-Compreender o ambiente organizacional do negócio -Conhecer os produtos e serviços do negócio -Identificar os diferenciais e dificuldades do negócio, assim como, dos concorrentes -Identificar os objetivos do negócio a curto, médio e longo prazo	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:	-	

A) Sobre o Negócio do Cliente e seus produtos/serviços

.

B) Principais diferenciais do negócio e produtos/serviços

C) Principais dificuldades no negócio e produtos/serviços

D) Sobre os Concorrentes

E) Objetivos do Negócio de curto, médio e longo prazo

F) O negócio faz uso de algum tipo de tecnologia?

G) Outras informações:

ROTEIRO 3 – MAPEAMENTO DE PROCESSOS (PARTE A)	
Roteiro 3 de 8	**Etapa: Modelagem**

Descrição:	Mapear o processo escolhido (visão geral)	
Objetivo:	Identificar as etapas do processo escolhido a partir de uma visão geral	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:	-	

A) Fale sobre o processo:

B) Quais são as etapas do processo?

C) Quais são as matérias-primas, maquinários, equipamentos, utensílios e pessoas envolvidas em cada etapa?

D) Há diferenças entre os processos e atividades de diferentes produtos? Quais?

E) Quais são as quantidades máxima e mínima de produtos em cada etapa?

F) Quais são as atividades e variáveis de cada etapa do processo?

G) Quais são as variáveis de controle de produção e dos produtos? O que fazer quando dar errado?

H) Há alguma regra, lei, legislação a ser seguida que impacta o processo produzido?

I) Quais documentos e informações são geradas em cada etapa do processo:

J) Outras informações:

ROTEIRO 4 – MAPEAMENTO DE PROCESSOS (PARTE B)	
Roteiro 4 de 8	**Etapa: Modelagem**

Descrição:	Identificação das fontes de desperdícios no processo.	
Objetivo:	-Continuação do mapeamento do processo escolhido (se necessário) -Identificar fontes de desperdícios no processo	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:		

A) Continuação do Mapeamento do processo

.

B) Identificando os 8 desperdícios

C) Outras informações:

ROTEIRO 5 – MAPEAMENTO DE PROCESSOS (PARTE C)	
Roteiro 5 de 8	**Etapa: Modelagem**

Descrição:	Identificar as variáveis de produção e de controle das atividades	
Objetivo:	Identificar as variáveis de produção e de controle das atividades	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:		

A) Continuar Mapeamento

B) Identificar as variáveis de produção e de controle das atividades

C) Outras informações:

ROTEIRO 6 – APRESENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS 4.0	
Roteiro 6 de 8	**Etapa: Recomendação**

Descrição:	Apresentar as tecnologias 4.0 e aplicações de uso.	
Objetivo:	-Apresentar as tecnologias 4.0 através de definições e aplicações de uso.	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:		

A) Apresentação das Tecnologias 4.0

B) Apresentação dos Casos de uso das Tecnologias 4.0

C) Coletar percepções do Cliente sobre as informações apresentadas

D) Outras informações:

ROTEIRO 7 – APLICAÇÃO DO QFD	
Roteiro 7 de 8	**Etapa: Recomendação**

Descrição:	Aplicar o QFD	
Objetivo:	Aplicar o QFD	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:		

A) Aplicação do QFD

– Obter os Requisitos do Cliente
– Obter avaliação do cliente quanto a importância do requisito para o cliente, ao processo atual, ao critério de Kano e a qualidade planejada
– Avaliar a aplicabilidade das Tecnologias em comparação com os requisitos do cliente (correlação)
– Avaliar os requisitos das Tecnologias
– Avaliar os requisitos das tecnologias quanto a realidade atual do processo
– Avaliar os requisitos das tecnologias quanto a possibilidade de adaptação futura
– Verificar a viabilidade de uso das Tecnologias 4.0
– Obter as Tecnologias Priorizadas na Matriz 1
– Avaliar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo
– Avaliar a aplicabilidade da Tecnologia 4.0 frente ao seu uso para cumprir a função de cada etapa do processo e eliminar o desperdício
– Multiplicar a importância de cada desperdício em cada etapa do processo com a sua respectiva nota de aplicabilidade
– Preencher a Matriz 2
– Obter os processos priorizados na Matriz 2
– Obter os valores dos parâmetros de controle
– Preencher a Matriz 3
– Obter uma lista com os valores dos parâmetros de controle

B) Outras informações:

ROTEIRO 8 – Feedback	
Roteiro 8 de 8	**Etapa: Recomendação**

Descrição:	Feedback	
Objetivo:	-Obter sugestões de melhorias e percepções de uso.	
Local:		
Data e hora:	**Início:**	**Término:**
Documentos:		
Participantes:		

A) Descreva a sua percepção de uso da ferramenta:

B) De 0 a 10 que nota você dar para o resultado da aplicação considerando o objetivo da ferramenta?

C) Outras informações:

APÊNDICE J – Site da Pesquisa

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, um website para divulgação deste trabalho foi desenvolvido e está disponível no endereço eletrônico abaixo: https://sites.google.com/usp.br/technologiesofsmartfarms. O site da pesquisa também pode ser acessado pelo QR CODE da Figura 43:

Figura 43 – QRCODE do Site da Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE K – Termo de Abertura de Projeto

TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	
Revisão Nº:	**Data Revisão:**

Nome do Projeto:		
Cliente:		
Executor do Projeto:		
Orientador do Projeto:		
Previsão de Início e Término:	**Início:**	**Término:**

Descrição do projeto:

Frequência de interação:

Outros assuntos relacionados ao Projeto:

Participantes:

Data	Nome / Assinatura
Data	Nome / Assinatura
Data	Nome / Assinatura

APÊNDICE L – Termo de Sigilo e Confidencialidade

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE E SIGILO

Eu, _____, abaixo firmado, assumo o compromisso de manter confidencialidade e sigilo sobre todas as informações técnicas e outras relacionadas ao **"Processo de Produção Artesanal de Queijo do _____**, a que tiver acesso, obtidas durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado do aluno_____, desenvolvido na EESC/USP.

Por este termo de confidencialidade e sigilo comprometo-me:

1. A não utilizar, sem autorização, as informações confidenciais a que tiver acesso, para gerar benefício próprio exclusivo e/ou unilateral, presente ou futuro, ou para o uso de terceiros;

2. A não efetuar, sem autorização, nenhuma gravação ou cópia da documentação confidencial a que tiver acesso;

3. A não me apropriar, sem autorização, de material confidencial e/ou sigiloso da tecnologia que venha a ser disponível;

Neste Termo, as seguintes expressões serão assim definidas:

Informação Confidencial significará toda informação revelada através de conversas, documentação e apresentação da tecnologia, do processo, do produto, a respeito de, ou, associada com a Avaliação, sob a forma escrita, verbal ou por quaisquer outros meios.

Informação Confidencial inclui, mas não se limita, à informação relativa às operações, processos, planos ou intenções, informações sobre produção, instalações, equipamentos, segredos de negócio, segredo de fábrica, dados, habilidades especializadas, projetos, métodos e metodologia, fluxogramas, especializações, componentes, fórmulas, produtos, amostras, diagramas, desenhos de esquema industrial, patentes, oportunidades de mercado e questões relativas a negócios revelados da tecnologia supramencionada.

Avaliação significará todas e quaisquer discussões, conversações ou negociações entre, ou com as partes, de alguma forma relacionada ou associada com a apresentação da dos itens, acima mencionados.

Este termo obedece ao Guia de Boas Práticas Científicas da Universidade de São Paulo - USP, disponível no endereço eletrônico abaixo:
https://prp.usp.br/wp-content/uploads/sites/649/2016/05/PRP_Guia-de-Boas-Pr%C3%A1ticas-Cientificas_2019_2-1.pdf

Pelo não cumprimento do presente Termo de Confidencialidade e Sigilo, fica o abaixo assinado ciente de todas as sanções judiciais que poderão advir.

Cidade, Data

Ass._____

APÊNDICE M – Termo de Consentimento para Uso de Dados Pessoais

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA USO DE DADOS PESSOAIS E SENSÍVEIS

Eu, _____, abaixo firmado, permito o uso das informações abaixo relacionadas ao meu **"Processo de Produção Artesanal de Queijo"** às quais forneci durante o desenvolvimento da dissertação de mestrado do aluno/pesquisador _____, desenvolvido na EESC/USP no ano de 2021, de acordo com o que segue abaixo:

1. Dados Pessoais e Sensíveis coletados:

Relacionados ao "Processo de Produção Artesanal de Queijo":

- Processo de fabricação;
- Quantidades de produtos fabricados;
- Variáveis e recursos do processo produtivo;
- Fontes de desperdício encontrados do processo produtivo;
- Valores do preenchimento da ferramenta QFD;
- Notas atribuídas ao feedback da participação na pesquisa;
- Fotos compartilhados.

2. Finalidade do Tratamento de dados:

Permito a gravação e manipulação dos dados fornecidos para fins de pesquisa, divulgações e publicações, nacionais e internacionais, de caráter cientifico e educacionais pelo controlador por _____

Ficando vedada a publicação ou divulgação, sem autorização prévia, dessas informações para outros fins.

Ficando vedado a publicação ou divulgação de informações que revele a minha identidade.

3. Alteração e Exclusão dos dados:

Pelo cumprimento do presente Termo, fico ciente também que posso solicitar a qualquer momento a alteração ou exclusão das informações fornecidas do banco de dados do pesquisador através do e-mail:_____.

Cidade:_____, data:_____

Titular:_____

Controlador:_____