

# Engenharia de Requisitos em Sistemas Produto-Serviço:

do modelo de negócio ao conceito



**R-PSS**  
Métodos e Casos

## AUTORES/ORGANIZADORES

### Marcia E.S. Echeveste

Professora Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul na graduação no Departamento de Estatística e no Pós-graduação na Engenharia de Produção. Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção pela UFRGS. Pós-doutorado em Desenvolvimento de Produtos na EESC-USP e Pesquisadora Visitante na Universidade de Pittsburgh.

### Maria A. C. Tinoco

Professora Adjunta do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde atua no Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional e no curso de Graduação. Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade de Carabobo, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela UFRGS.

### Ricardo M. Sastre

Graduado em Publicidade e Propaganda pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos; especialização em expressão gráfica pela PUCRS; MBA em Gestão Empresarial pelo IBGEN e Mestre em Design pelo Centro Universitário Ritter dos Reis. Doutorando em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS).

### Istefani C. de Paula

Professora Associada do Curso de Engenharia de Produção e Transportes da UFRGS, atuando nos cursos de graduação e pós graduação do PPGEP/UFRGS. É graduada pela USP-Ribeirão Preto, com mestrado em Tecnologia Farmacêuticas pela UFRGS, doutorado e pós-doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS).

## AUTORES

### Fernando H. Lermen

Mestre e Doutor em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS). Graduado em Engenharia de Produção Agroindustrial pela UNESPAR. Pesquisador do Grupo Multidisciplinar de Pesquisas Agroindustriais da UNESPAR e do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da UFRGS. Pesquisa em Agricultura, PSS, Sustentabilidade e Análise do Ciclo de vida.

### Érico Marcon

Mestre e Doutorando em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É pesquisador do Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO). Administrador pela UPF. Pesquisa em PSS, Digital PSS e Indústria 4.0 e o impacto no trabalho por meio do projeto Work of the Future Initiative do MIT.

### Fabiane T. Garcia

Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Católica de Pelotas e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria. Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal do Pampa e Doutoranda em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS).

### Elaine A. R. de Campos

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (UFRGS). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (UTFPR). Especialista em Gestão Estratégica de Pessoas pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, (UNICENTRO). Graduada em Administração.

**Marcavisaual Editora e Projetos Culturais Ltda.  
Conselho Editorial**

**Airton Cattani – Presidente**  
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Adriane Borda Almeida da Silva**  
UFPEl – Universidade Federal de Pelotas

**Celso Carnos Scaletsky**  
UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

**Denise Barcellos Pinheiro Machado**  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Marco Antônio Rotta Teixeira**  
UEM – Universidade Estadual de Maringá

**Maria de Lourdes Zuquim**  
USP – Universidade de São Paulo

É permitida a reprodução parcial desta obra, a título de divulgação,  
desde que citada a fonte do autor.

Capa e editoração: Ricardo Sastre  
Ilustrações: Luiza Prestes  
Revisão: Victor Lourenço  
Impressão: ANS impressões gráficas

---

E57                      Engenharia de requisitos em sistemas de produto-serviço / Marcia E. S. Echeveste  
... [et al.]. – Porto Alegre: Marcavisaual, 2020.  
126 p. : il. color. ; 15,5 x 22,5 cm

ISBN 978-65-990001-2-6

1. Engenharia de produção. 2. Engenharia de requisitos. 3. Sistema produto-serviço. I. Echeveste, Marcia E. S. II. Tinoco, Maria A. C. III. Sastre, Ricardo M. IV. Paula, Istefani C. de. V. Lermen, Fernando H. VI. Marcon, Érico. VII. Garcia, Fabiane T. VIII. Campos, Elaine A. R. de. IX. Série.

CDU 658.5

---

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.  
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)



Dedicamos este livro aos  
colegas, alunos, professores  
e entusiastas pela pesquisa  
na área da sustentabilidade

## PRÓLOGO

**E**ste livro é resultado de um desafio proposto numa disciplina de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. O propósito do desafio foi desenvolver um modelo que percorra as etapas de engenharia de requisitos nas fases iniciais de desenvolvimento de um sistema de ofertas inovadoras, de uma solução integrada de produto e serviço. Neste documento são demonstradas as etapas desde a proposição de valor, o modelo de negócios, o desdobramento dos requisitos até a fase de arquitetura do conceito. O livro segue a premissa de que a entrega de valor é o norteador do processo, principalmente o valor sustentável aos clientes, aos stakeholders e à sociedade.

O livro emergiu de uma pesquisa construtivista, a partir de práticas advindas de conceitos de engenharia de requisitos, ferramentas da qualidade, *Desing Thinking* e *Lean Startup*. Estas práticas foram aninhadas em fases e atividades a partir de dois casos reais de desenvolvimento de ofertas PSS, classificadas como PSS híbrido (orientado ao uso e ao resultado).

Passado a limpo o modelo teórico moldado pela prática, este livro apresenta o que os autores denominaram de modelo R-PSS (Requisitos - *Product Service System*), reescrito, ao final dos casos, de forma mais geral e referencial mesclando teoria e aprendizado. Ambos os casos têm como valor norteador atingir a sustentabilidade em todas as fases de planejamento.

Sabemos que o modelo R-PSS é um ponto de partida para novas pesquisas e temos muito a acrescentar e aprender. Este é um primeiro passo, um esforço conjunto entre professores e alunos visando a troca de conhecimento à luz dos desafios enfrentados pelas Startups. A maturidade no tema levará os autores a novas trajetórias, neste livro ensaiamos os primeiros voos.



# SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO  | 09 |
| 2. CONSTRUINDO O ARTEFATO  | 16 |
| 2.1 Identificação e reconhecimento do problema                     | 18 |
| 2.2 Análise do referencial teórico                                 | 19 |
| 2.3 Desenvolvimento do artefato                                    | 19 |
| 2.4 Aplicação do artefato  | 22 |
| 2.5 Ajuste do artefato   | 22 |
| 2.6 Considerações sobre a leitura do livro                         | 22 |
| 3. EXPERIÊNCIA EM CASO DE UMA STARTUP AGRÍCOLA                     | 24 |
| 3.1 Descrição do contexto e modelo de negócios                     | 25 |
| 3.1.1 Definir o plano do modelo de negócios                        | 27 |
| 3.1.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço                        | 30 |
| 3.1.3 Entender o Ciclo de Vida do Produto/Serviço                  | 31 |
| 3.1.4 Identificar os stakeholders internos, externos e críticos    | 32 |
| 3.1.5 Definir a proposição de valor                                | 34 |
| 3.1.6 Pivotar o modelo de negócios                                 | 37 |
| 3.2 Engenharia de requisitos                                       | 38 |
| 3.2.1 Elicitar Requisitos  | 38 |
| 3.2.2 Categorizar os requisitos                                    | 39 |
| 3.2.3 Priorizar os requisitos dos clientes                         | 41 |
| 3.2.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações       | 43 |
| 3.2.5 Priorizar os requisitos técnicos                             | 45 |
| 3.2.6 Identificar relações trade-off entre requisitos técnicos     | 47 |
| 3.2.7 Publicar os requisitos                                       | 49 |
| 3.3 Integração do Sistema Produto-Serviço                          | 49 |
| 3.3.1 Analisar as relações conflitantes entre produtos e serviços  | 49 |
| 3.3.2 Desdobrar os processos                                       | 51 |
| 3.3.3 Identificar os processos críticos                            | 52 |
| 3.4 Descrição da solução do Sistema Produto-Serviço                | 54 |
| 3.4.1 Desenhar e descrever o conceito de PSS                       | 54 |
| 3.4.2 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders | 55 |
| 3.5 Considerações finais e questões para discussão                 | 56 |
| 4. EXPERIÊNCIA EM UMA EMPRESA DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS      | 58 |
| 4.1 Descrição do contexto e modelo de negócios                     | 60 |
| 4.1.1 Definir o plano do modelo de negócios                        | 62 |
| 4.1.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço                        | 64 |
| 4.1.3 Entender o Ciclo de Vida do Produto/Serviço                  | 64 |
| 4.1.4 Identificar os Stakeholders internos, externos e Críticos    | 67 |
| 4.1.5 Definir a proposição de valor                                | 71 |
| 4.1.6 Pivotar o modelo de negócios                                 | 74 |
| 4.2 Engenharia de requisitos                                       | 74 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2.1 Elicitar Requisitos  | 74  |
| 4.2.2 Categorizar os requisitos  | 76  |
| 4.2.3 Priorizar os requisitos dos clientes                               | 78  |
| 4.2.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações             | 81  |
| 4.2.5 Priorizar os requisitos técnicos                                   | 83  |
| 4.2.6 Identificar relações trade-off entre requisitos técnicos           | 85  |
| 4.2.7 Publicar os requisitos   | 87  |
| 4.3 Integração do Sistema Produto-Serviço                                | 88  |
| 4.3.1 Analisar as relações conflitantes entre produto e serviço          | 88  |
| 4.3.2 Desdobrar os processos   | 88  |
| 4.3.3 Identificar os processos críticos                                  | 91  |
| 4.4 Descrição da solução do Sistema Produto-Serviço                      | 93  |
| 4.4.1 Desenhar e descrever o conceito de PSS                             | 93  |
| 4.4.2 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders       | 95  |
| 4.5 Considerações finais e questões para discussão                       | 96  |
| 5. MÉTODO DE ENGENHARIA DE REQUISITOS PARA PSS SUSTENTÁVEL (R-PSS)       | 98  |
| 5.1 Descrição das etapas do Método (R-PSS)                               | 100 |
| FASE 0 Descrição do modelo de negócio                                    | 101 |
| FASE 0.1 Definir o Plano do Modelo de Negócio                            | 101 |
| FASE 0.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço                           | 101 |
| FASE 0.3 Entender o Ciclo de vida do produto e serviço                   | 102 |
| FASE 0.4 Identificar os stakeholders críticos                            | 103 |
| FASE 0.5 Definir a Proposição de Valor                                   | 103 |
| FASE 0.6 Pivotar o Modelo de negócio                                     | 103 |
| FASE 1 Engenharia de requisitos  | 104 |
| FASE 1.1 Elicitar Requisitos   | 104 |
| FASE 1.2 Categorizar os requisitos                                       | 105 |
| FASE 1.3 Priorizar os requisitos dos clientes                            | 105 |
| FASE 1.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações          | 106 |
| FASE 1.5 Priorizar os requisitos técnicos                                | 106 |
| FASE 1.6 Identificar relações <i>trade-off</i> entre requisitos técnicos | 107 |
| FASE 1.7 Publicar os requisitos  | 107 |
| FASE 2 Integração do Sistema Produto-Serviço                             | 108 |
| FASE 2.1 Analisar as relações conflitantes entre produto e serviço       | 108 |
| FASE 2.2 Desdobrar os processos  | 108 |
| FASE 2.3 Identificar os processos críticos                               | 109 |
| FASE 3 Descrição do conceito do PSS                                      | 109 |
| FASE 3.1 Desenhar o conceito de PSS                                      | 109 |
| FASE 3.2 Descrever o conceito de PSS                                     | 110 |
| FASE 3.3 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders    | 110 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS  | 111 |
| Referências  | 116 |

# 1. INTRODUÇÃO



A entrega de valor para o cliente consiste em prover o entendimento do que é valor para todos os envolvidos, desenvolvendo ofertas sistêmicas que gerem benefícios à empresa, tendo como objetivos torná-las rentáveis e sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental. O processo que suporta esse desenvolvimento capacita as empresas a entenderem como desenvolver uma oferta que alcance tais objetivos. Na busca por responder aos desafios relacionados à crescente competitividade e ainda, visando obter melhores resultados, as organizações têm procurado alternativas à oferta tradicional. Essa busca obriga os gestores das empresas a incluir novas maneiras de entregar valor, uma delas ocorre por meio da integração de serviços e produtos e, de novos modelos de negócios baseados na oferta de soluções, que vão além do produto. Essa oferta integrada possibilita o melhor atendimento das necessidades e expectativas dos usuários, assim como responde a questões de sustentabilidade cada vez mais importantes (Gaiardelli et al., 2014; Song, 2017).

No contexto de demandas mais complexas, uma das estratégias adotadas pelos gestores que buscam desenvolver soluções customizadas e, que melhor atendem às necessidades dos consumidores, é concretizada por meio do desenvolvimento de ofertas de produtos e serviços integrados, denominadas Sistemas Produto-Serviços, do inglês, *Product-Service-Systems* (PSS) (Beuren et al., 2013; Baines et al. 2007). O PSS possibilita a entrega de uma oferta direcionada por meio de inovação contínua, melhor design e customização (Mont, 2002). Uma das primeiras definições propostas por Goedkoop et al. (1999) caracteriza o PSS como um conjunto de produtos (bens tangíveis) e serviços (desempenhos intangíveis) capazes de atender às necessidades dos usuários de forma integrada.

Inicialmente o conceito de PSS apresentava ênfase no aspecto ambiental da sustentabilidade. Goedkoop et al. (1999) enfatizaram no conceito de PSS a desmaterialização da posse, adicionando novos cenários e possibilidades de uso do produto, tais como: compartilhamento, aluguel ou leasing. Além disso, considerando que as empresas que ofertam soluções PSS se tornam responsáveis pelo ciclo de vida dos seus produtos, elas encontram incentivos para a reciclagem

recondicionamento e atualização, gerando produtos com materiais mais duráveis, com maior ciclo de vida e menos resíduos (Baines et al., 2007; Goedkoop et al., 1999; Mont, 2002; Tukker, 2004). Atualmente, devido ao crescente interesse da academia e da indústria neste tema, as pesquisas em PSS têm abordado uma gama maior de assuntos, tais como: servitização, benefícios sociais, econômicos, de inovação e customização entre outros diversos tópicos, o que evidencia a importância dessa forma de oferta. O grande interesse das ciências sociais e ambientais no tema levaram Tukker (2004) a propor uma classificação para a oferta PSS unindo os aspectos mencionados anteriormente e classificando-os em três orientações de forma a atender cada classe de projeto de forma customizada:

**PSS orientado ao produto:** o foco da solução ainda está na venda do produto, no entanto o valor ocorre na entrega de serviços adicionais. Como exemplo pode-se citar o veículo GM OnStar e seus serviços agregados de GPS, concierge e reparo, ofertados como planos de assinatura mensal a partir da compra do veículo;

**PSS orientado ao uso:** oferta na qual o usuário paga pelo uso do produto, sendo que a propriedade do produto e as demais responsabilidades são do fabricante. Como exemplo pode ser citado o serviço de aluguel de bicicletas;

**PSS orientado ao resultado:** modelo de negócios na qual o cliente paga pelo resultado e pela disponibilidade do produto. Um exemplo deste tipo de PSS seria a oferta de serviço de roupas lavadas, em vez de lavadoras de roupas.

A classificação desenvolvida por Tukker (2004) atualmente é a mais citada na literatura e utilizada para se compreender as finalidades do PSS e suas formas de entrega de valor. É essa classificação que será utilizada no decorrer desse livro, uma vez que, além de possibilitar uma percepção abrangente do PSS, também aborda os aspectos ambientais na oferta.

O amadurecimento da área de conhecimento em torno do tema PSS, novos modelos de negócios e tipos de ofertas se configuraram criando novas tipologias derivadas e combinadas, indo além da classificação de Tukker (2004). A velocidade da criação de negócios baseados em possibilidades derivadas de novas tecnologias e da combinação destas, torna esta área uma fonte para explorar novos conhecimentos teóricos e práticos. Estudos em diversas áreas têm como objetivo preencher essa lacuna, e consequentemente auxiliar no processo de desenvolvimento de novos PSSs. Um viés adotado nas pesquisas investiga de forma incisiva os fatores relacionados aos requisitos dos clientes e como esses devem ser integrados ao sistema como meio de entrega de valor (Song, 2017).

De forma a oferecer soluções baseadas em ofertas PSS que atendam necessidades dos clientes, a Engenharia de Requisitos tem papel relevante no desenvolvimento do PSS, considerando os requisitos do cliente e de *stakeholders* de forma mais holística e integrada. Neste livro, os desafios da Engenharia de Requisitos são reforçados especificamente para ofertas do tipo PSS, uma vez que o desenvolvimento de pacotes de soluções integrados de produtos e serviços exige maiores esforços se comparados a uma oferta de natureza baseada em produto ou em serviço de forma isolada. Em outras palavras, além dos desafios tradicionalmente encontrados no processo de desenvolvimento de produto, quando se trata de PSS as diferentes expectativas e entendimentos dos *stakeholders*, em relação aos requisitos da solução integrada, também representam um desafio aos pesquisadores nesta área (Berkovich et al., 2014).

Esse cenário de ofertas baseadas em soluções funcionais e de maior valor no uso impulsiona os desenvolvedores de produto a terem uma visão sistêmica de todo o ciclo de vida e inovação em PSS. Para tanto, são necessárias metodologias e ferramentas que ofereçam suporte à compreensão das necessidades dos clientes, estratégias para traduzí-las em requisitos, para componentes específicos da oferta do PSS, o que pode ser feito com os vários procedimentos de elicitação e análise dos requisitos durante todo o processo de desenvolvimento (Berkovich; Leimeister; Krcmar, 2011; Sakao; Lindahl, 2009).

Os tópicos discutidos neste livro visam contribuir com este tema por meio da abordagem da engenharia de requisitos, apoiada por outras ferramentas na inovação em PSS sustentável a partir de um método estruturado com aplicação demonstrada em duas experiências de casos reais. Para guiar o entendimento do conteúdo proposto neste livro, é importante definir requisitos e o que compreende a engenharia de requisitos.

**Requisitos** são características necessárias a um produto ou serviço para satisfazer uma necessidade e gerar valor a um cliente ou usuário e deve ser constituído por um atributo e sua respectiva especificação (mensurável). Assim, os requisitos são essenciais para o entendimento dos aspectos de valor, qualidade e conseqüentemente do sucesso de um PSS, uma vez que abordam as expectativas e necessidades do seu principal interessado, o cliente (Callegaro et al., 2016; Song, 2017).

A **engenharia de requisitos**, por sua vez, constitui um processo que acompanha o planejamento e o desenvolvimento de um produto ou sistema (solução). Inicia com uma elicitación das necessidades do cliente, as quais são rescritas em termos de requisitos de sistema, sendo estes, posteriormente, desdobrados e organizados em requisitos de nível de função e componentes necessários para o desenvolvimento e implementação da oferta (Berkovich; Leimeister; Krčmar, 2011; Kotonya; Sommerville, 1998).

Considerando a premissa de que as necessidades do cliente são o ponto de partida para o desenvolvimento de uma solução baseada no conceito PSS, uma das ferramentas utilizadas na engenharia de requisitos que pode ser empregada é o Desdobramento da Função Qualidade, do inglês, *Quality Function Deployment* (QFD), na qual se utiliza a “voz do consumidor” para identificar e hierarquizar os requisitos do sistema de acordo com a importância para o cliente (Carreira et al., 2013). Entretanto, ressalta-se que a perspectiva denominada, de forma simplista, do “cliente” é ampliada a todos os *stakeholders* importantes a serem atendidos na cadeia de valor do desenvolvimento.

Especialmente, o desenvolvimento de ofertas PSS reflete a complexidade de considerar a existência de diversos atores

na produção e entrega de valor e a complexidade do processo de experiência do cliente com os vários atributos de produtos e serviços de forma integrada. Desta forma, outras ferramentas para a Identificação do valor fornecido para a priorização dos *stakeholders* na definição dos requisitos do PSS e para desenhar e descrever os requisitos priorizados da solução integrada são necessárias e devem ser incluídas na engenharia de requisitos de ofertas de PSS Carreira et al (2013). Neste sentido, ferramentas como *Value Proposition Canvas* (VPC) Osterwalder et al, (2015), *Customer Value Chain Analysis* (CVCA) (Donaldson; Ishii; Sheppard, 2006), *Product-Service Blueprint* (Geum; Park, 2011), *System Map* (Tischner; Vezzoli, 2009), são utilizadas para melhor integrar os requisitos necessários de um PSS e reduzir as incertezas das fases iniciais de desenvolvimento deste tipo de oferta (Song, 2017). É importante destacar que estas ferramentas são encontradas na literatura de forma dispersa e desagregada, provenientes de diversas áreas do conhecimento, nas quais, quando utilizadas de forma integrada, podem auxiliar no processo de inovação e desenvolvimento de PSS.

Apesar dos gestores das organizações reconhecerem a necessidade de gerenciar de forma integrada o desenvolvimento do PSS, na prática a gestão desse tipo de processo apresenta-se como um desafio, uma vez que geralmente suas competências são polarizadas, focadas unicamente em produtos ou serviços (Berkovich et al., 2011; Mont, 2002). Além disso, muitos tópicos não são suficientemente abordados na literatura e no ensino de PSS para o desenvolvimento de ofertas integradas (Berkovich et al., 2011).

Com base nas oportunidades de pesquisa mencionadas anteriormente, este livro apresenta-se como um método para auxiliar em etapas iniciais do processo de desenvolvimento de PSS, tendo como principal objetivo desenvolver e aplicar uma abordagem holística de engenharia de requisitos para inovação em PSS, a partir de um método estruturado que integra diversas ferramentas ilustradas na aplicação de dois estudos de caso. A partir da demonstração do método em casos reais, busca-se ilustrar sua aplicabilidade, permitindo assim a sua reprodução em outros contextos, auxiliar no ensino de disciplinas voltadas

à inovação em PSS e o desenvolvimento ou auxiliar no ensino de disciplinas voltadas ao desenvolvimento de produtos sob a ótica da engenharia de requisitos. Este livro tem como alicerce sua aplicação tanto no ensino como na prática, seja por acadêmicos, profissionais da área de desenvolvimento de produto, design ou qualquer outro interessado no assunto.

Espera-se que auxilie o leitor na compreensão da necessidade de uma visão holística para a inovação em sistemas produto-serviços e da necessidade de uma adequada análise e gerenciamento dos requisitos de produto e serviço. Assim como a compreensão das diversas etapas e ferramentas que compõem o método proposto e seus resultados no mais diversos contextos. Não obstante, espera-se ainda que possibilite a reflexão sobre a necessidade de integrar requisitos demandados por diversos *stakeholders* em uma oferta, cujo foco é a entrega de valor, refletindo o interesse e a sustentabilidade tratada no escopo e nas dimensões econômica e ambiental.

O livro está estruturado em seis seções, conforme a [Figura 1](#).

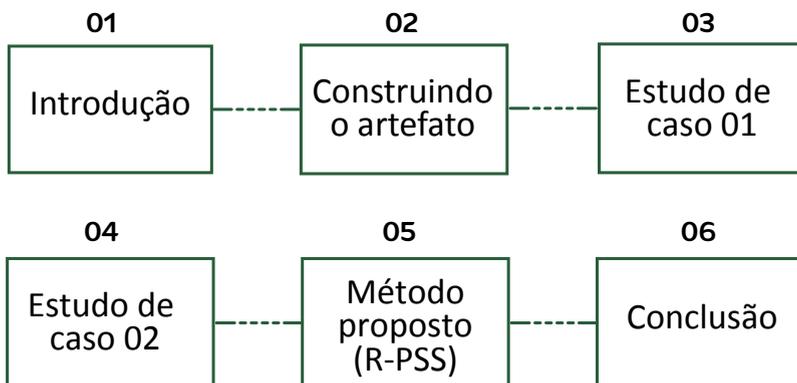


Figura 1 - Estrutura do Livro

## 2. CONSTRUINDO O ARTEFATO



Para a construção do método de Engenharia de Requisitos para Sistemas Produto-Serviço Sustentáveis (R-PSS), os autores se basearam na metodologia *Design Science* Drech, (2015), a qual se estrutura em duas etapas fundamentais: construir e avaliar. Hevner et al., (2004) destacam que se trata de um processo de pesquisa que envolve uma solução implementada para um problema em um ambiente de negócio. A implementação faz parte de um ciclo de desenvolvimento que deve ser testado e convergir a um resultado a cada etapa, até atingir a verificação final, por meio de uma validação da utilidade do artefato. A Figura 2 representa as etapas da abordagem metodológica adotada neste trabalho.

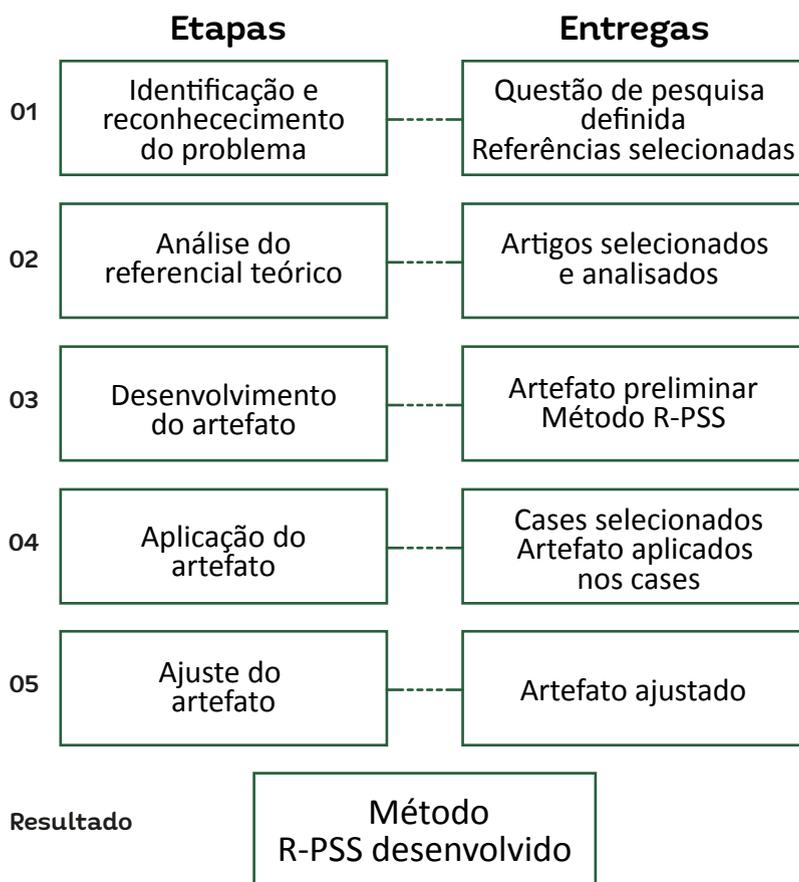


Figura 2 - Abordagem para construção do Método

## 2.1 Identificação e reconhecimento do problema

Nesta etapa é realizada a consulta às bases de referências da literatura e a construção do conhecimento. As principais bases de dados utilizadas foram: Scopus e Science Direct. As áreas de conhecimento pesquisadas foram: (i) Gestão de requisitos e Engenharia de Requisitos (Young, 2004; Kotoya; Sommerville, 1998; Ribeiro et al., 2001); (ii) Design de Product-Service System (Tukker, Baines 2012; Mont, 2002); (iii) Métodos e técnicas para desenvolvimento de Produto (Ulrich e Eppinger, 2004; Rozenfeld et al., 2006); (iv) Métodos e técnicas para inovação de produtos e serviços (Blank, 2013).

A premissa que norteia a abordagem metodológica proposta é que a adoção de PSS sustentável requer o entendimento da percepção de valor dos clientes em relação à oferta. Por isso, torna-se necessário o uso de ferramentas e métodos para identificar, priorizar e integrar requisitos de produtos e serviços, considerando os diversos *stakeholders* e as características das ofertas PSS sustentáveis.

De acordo com Miller et al. (2002) a compreensão e o gerenciamento dos requisitos do PSS tornam-se mais importantes, uma vez que atingir esses requisitos é um dos principais objetivos do PSS, assim como atender as estratégias das empresas (Song, 2017). Uma das formas de realizar a gestão de requisitos e utilizá-los no desenvolvimento de um PSS é por meio do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), na qual utiliza-se a “voz do consumidor” para balancear e hierarquizar os requisitos do consumidor de acordo com a importância do cliente (Carreira et al. 2013).

As organizações necessitam gerenciar de forma satisfatória e integrada o desenvolvimento do PSS, integrando as competências, em geral polarizadas em produtos ou serviços (Berkovich et al, 2011; Mont, 2002). Tendo em vista estudos publicados na literatura até a data de desenvolvimento deste livro, constatou-se, como principal problema de pesquisa, que os modelos existentes são provenientes de áreas de conhecimento diferentes, as quais ainda não incorporam as ferramentas de vanguarda para a inovação em produtos e serviços de forma integrada e sistêmica.

## 2.2 Análise do referencial teórico

Nesta etapa é realizada a seleção de materiais por áreas de conhecimento, de acordo com a data de publicação, aderência ao tema e autores seminais. Os algoritmos de busca foram *requirement and service product system or requirement management and service product system; servitization; customer value; quality attributes; requirement engineering; innovation tools; PSS design or PSS development*. O Quadro 1 apresenta as principais ferramentas e referências adotadas a partir desta análise de literatura.

| Campo de pesquisa         | Ferramentas  | Principais referências  |
|---------------------------|--|---|
| Innovation tools          | Lean canvas  | Ide et al., (2015);<br>Nidagundi;<br>Novickis, (2016).                                      |
| Customer Value            | Life-cycle analysis (LCA);<br>Customer Value Chain<br>Analysis (CVCA);<br>Value Constellation. | Amaya et al., (2014);<br>Donaldson, Ishii, e<br>Sheppard, (2006);<br>Tanure et al., (2013). |
| Innovation tools          | Value Proposition;<br>Canvas (VPC).  | Blank, (2013);<br>Ries, (2011);<br>Osterwalder et al., (2014).                              |
| Requirement<br>management | VPC;<br>QFD (Quality Function<br>Deployment).  | Sommerville, (2005);<br>Akao (1990);<br>Ribeiro et al., (2001).                             |
| PSS design                | Product Service Blueprint;<br>System Maps.   | Geum e Park, (2011);<br>Tischner e Vezzoli, (2017).   |

Quadro 1 - Ferramentas e referências adotadas na proposição do artefato

## 2.3 Desenvolvimento do Artefato

A partir da revisão da literatura e ferramentas selecionadas desenvolveu-se um método preliminar, denominado de artefato, contendo etapas, fases e resultados esperados, organizados processualmente, alinhando as possíveis ferramentas a cada fase.

O critério de inclusão foi o alinhamento do propósito da ferramenta com o objetivo da fase. O escopo do artefato compreende a transformação de uma proposta de valor em alternativas de conceito de um sistema produto-serviço. A primeira versão do método proposto contemplou as seguintes fases: (i) Proposição de valor, (ii) Engenharia de requisitos e, (iii) Integração do produto e serviço. Durante todas as fases de desenvolvimento, os requisitos de produto e serviço foram tratados de forma integrada. O artefato resultante desta etapa para a integração de requisitos de PSS apresenta-se na [Figura 3](#).

Destaca-se que o artefato foi ajustado e testado a partir duas experiências reais (seções 03 e 04), gerando uma nova versão do método, denominado de método R-PSS e que será apresentado na seção 5.

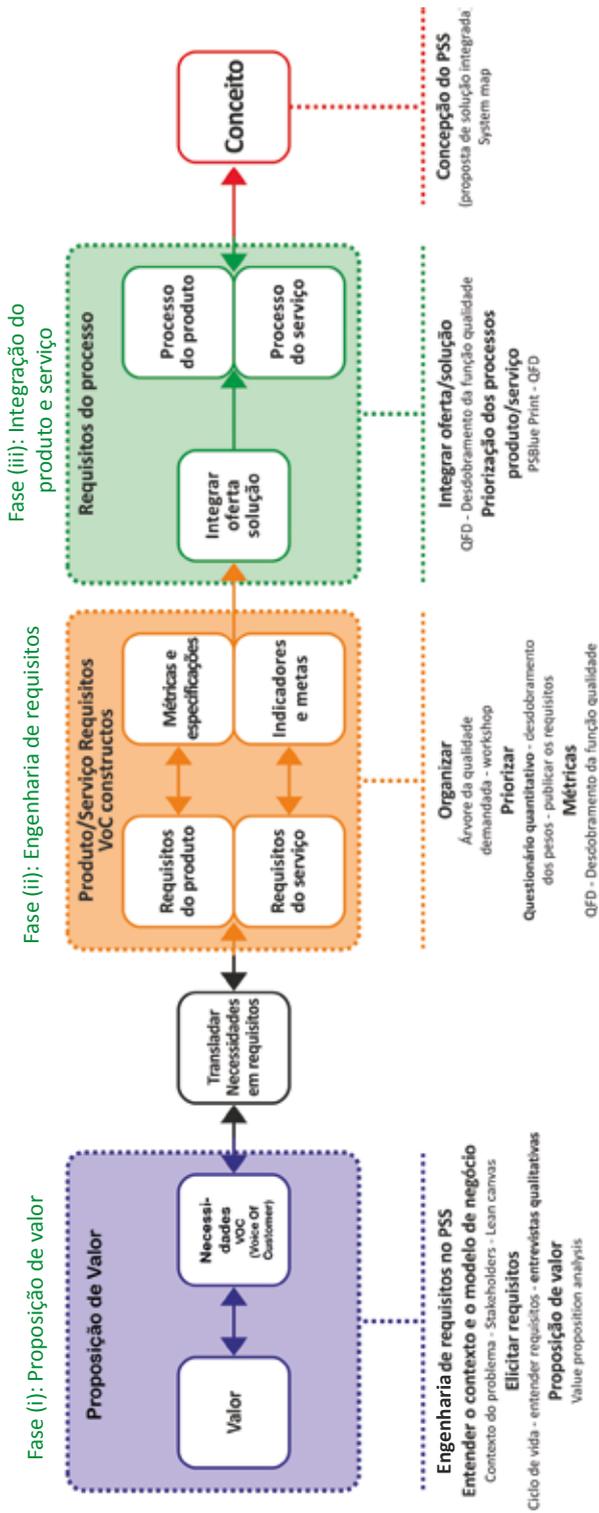


Figura 3 - Versão preliminar do artefato

## 2.4 Aplicação do artefato

O artefato proposto foi aplicado em casos reais. Os casos foram selecionados por julgamento seguindo os seguintes critérios: i) o caso deveria ter uma oferta de produto e serviço visando sustentabilidade e ii) acesso facilitado e comprometimento dos co-fundadores da empresa ou *startup* para a coleta e análise de dados durante a aplicação do modelo proposto.

Foram selecionados dois casos: O primeiro relacionado a uma *startup* instalada na incubadora Héstia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que propôs uma nova tecnologia para a secagem de grãos de maneira sustentável, integrando serviços de gestão do processo de secagem e armazenagem de grãos. E o segundo caso abordou uma empresa de reaproveitamento de resíduos no oferecimento de uma solução para gerenciar resíduos industriais do setor calçadista para a reciclagem e desenvolvimento de embalagens.

## 2.5 Ajuste do artefato

O artefato ajustado foi pivotado a partir da discussão da aplicação de ambos os casos (seções 03 e 04). Foram incluídas etapas de avaliação da sustentabilidade ao longo do ciclo de vida e uma etapa de classificação do tipo de PSS no modelo de negócio. O método resultante foi denominado R-PSS, e está apresentado na seção 5.

As conclusões foram realizadas após o método construído bem como hipóteses para pesquisas futuras, contemplando premissas e suposições. Entende-se que o método R-PSS é aplicável em diversos contextos de PSS respeitando os ajustes necessários às especificidades de cada caso.

## 2.6 Considerações sobre a leitura do Livro

Este trabalho pode ser lido pelo menos de duas formas. Uma leitura transversal que segue a ordem natural das seções. Neste formato o leitor irá compreender a construção evolutiva do

método R-PSS proposto, elaborado segundo a lógica construtivista do *Design Science*, adotada como abordagem criativa. Outro formato seria o leitor compreender os propósitos do livro lendo a introdução e construção do artefato, migrando para a seção 5 que apresenta o método R-PSS, gerado da aplicação do artefato em duas experiências reais e, finalmente, retomar a leitura dos casos que apresentam os resultados da implementação do método. Importante mencionar que o leitor não encontrará nos casos a apresentação fidedigna da versão preliminar do artefato construído na *Figura 3*, porque durante a aplicação nos casos este artefato foi paulatinamente sofrendo alterações, conforme se espera, decorrentes do aprendizado e especificidades impostas por cada contexto de aplicação. A *Figura 4* apresenta como sugestão um segundo fluxo de leitura, lendo o Método proposto R-PSS (seção 5) antes dos casos (seções 03 e 04).

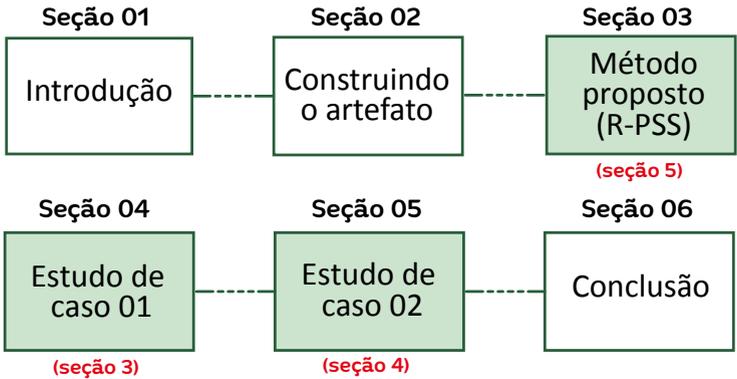


Figura 4 - Sugestão de fluxo de leitura deste livro



### 3. EXPERIÊNCIA EM CASO DE UMA *STARTUP* AGRÍCOLA



**N**esta seção é apresentada a descrição da *startup* em estudo e as etapas para definição da proposição de valor do caso.

### **3.1 Descrição do contexto e modelo de negócios**

Antes da apresentação do modelo de negócios será realizada uma contextualização do mercado, problematização e descrição da solução proposta.

Em uma projeção realizada pela *Food and Agriculture Organization das United Nations* destaca-se que a população mundial será de 9,6 bilhões até 2050, o que implica que a produção de produtos agrícolas precisaria dobrar para acompanhar as demandas projetadas do crescimento da população (Foley et al., 2011; Wang et al., 2017; Senapati et al., 2018). Para atender a demanda de grãos resultante do crescimento populacional nas últimas décadas, altas doses de insumos, fertilizantes, combustíveis e pesticidas foram usados como um caminho primário para alcançar sistemas de produção de grãos de alto rendimento. No entanto, as práticas agrícolas excessivas causam consequências ambientais negativas impactantes (McMichael et al., 2007; JU et al., 2009; Liu et al., 2013).

A produção mundial de grãos, de acordo com os dados da safra 2017/18, alcançou um total de 1,323 bilhões de toneladas, concentrada em três principais países produtores: Estados Unidos (384,4 milhões de toneladas), Brasil (226,04 milhões de toneladas) e China (223,9 milhões de toneladas) representando 63,06% da produção mundial (USDA, 2017; CONAB, 2018). Junto com o crescimento da população e da produção agrícola, crescem as taxas de consumo de commodities agrícolas, como soja, milho, arroz e trigo (Kearney, 2010; Tilman, 2015; Lermen et al., 2018), isso se dá devido às crescentes demandas não alimentares para bioenergia (Muller et al., 2008).

A agricultura exerce forte impacto no meio ambiente e na alimentação humana (Popkin et al., 2012; Jones et al., 2016; Suriyagoda et al., 2018), porém a quantidade de alimentos desperdiçados é crescente, principalmente no pós-colheita

(Gustavsson et al., 2011; Alexander et al., 2012). O foco deste estudo é o processo pós-colheita, quando ocorre, dentre outros processos, a secagem de grãos. A secagem consiste na redução da umidade dos grãos protegendo-os de possíveis contaminações, tendo grande importância para a indústria devido à facilidade na armazenagem, conservação e estabilização físico-química dos grãos (Babilis e Bellesiotis, 2004).

A contaminação dos grãos ocorre durante o processo de secagem com o uso de métodos tradicionais como o da combustão de lenha e gás liquefeito de petróleo (GLP), sendo considerados os mais comuns (Ingvordsen et al., 2018). A secagem com lenha apresenta algumas desvantagens em relação ao GLP, como dificuldade de controle da temperatura, necessidade de mão de obra especializada, impactos ambientais, presença de resíduos, odores e contaminantes como os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) (Lima et al., 2017). No caso do GLP, o principal problema é o custo alto do combustível e a logística do mesmo para a secagem de grãos (Caffrey et al., 2014).

Ressalta-se que todos os atores envolvidos nos sistemas agrícolas (agricultores, indústrias e demais organizações) demandam uma solução que agregue valor ao processo, valores tais como otimização e sustentabilidade para a secagem de grãos (Weick, 2001; Tilman e Clark, 2015), com a finalidade de atender as necessidades do agricultor, economizar recursos energéticos, fortalecer a biodiversidade e diminuir o uso de lenha como combustível (Wilson e Tisdell, 2001).

O custo médio por tonelada para processamento de secagem de grãos é alto e o percentual de desperdícios durante o processo de secagem é na ordem de 34%. Segundo dados da CONAB (2016), a capacidade atual de armazenagem é inferior à demanda necessária (71%), em outras palavras, há um déficit latente de capacidade estática de armazenagem de grãos.

Isso indica que, além da estrutura disponível para tratamento e armazenagem de grãos no país, existem oportunidades comerciais efetivas para expansão da estrutura por intermédio da venda de serviços e espaços de armazenagem, uma vez que a produção nacional de grãos é muito maior que a capacidade de

armazenamento disponível.

Neste sentido, o desenvolvimento de produtos e estratégias mercadológicas para atender este segmento da economia é promissor pelos próximos 20 anos.

O caso estudado é de uma *Startup* que desenvolve equipamentos para secagem de grãos a partir da transformação da água em gás combustível. Este gás produz uma mistura de hidrogênio e oxigênio que pode ser utilizada na combustão com outros combustíveis. O sistema da solução em desenvolvimento é livre de odores cancerígenos no seu ciclo de geração de calor e ainda permite total autonomia e controle do produtor no que diz respeito à produção e combustão de lenha. A partir de um efetivo controle de umidade na massa do grão, o sistema gera, sob demanda, um gás combustível chamado 2HO (mistura de gás hidrogênio e oxigênio extraídos da água), que juntamente com o controle de fluxo de ar forçado, permite um ciclo ideal de secagem com menor custo operacional e energético. Este processo, além de mais barato que o GLP, resulta em uma melhor qualidade dos grãos em termos nutricionais e permite ao agricultor obter maior valor no mercado.

Partindo da nova tecnologia proposta pela *Startup* para a secagem de grãos, pretende-se neste estudo apresentar uma solução baseada em PSS sustentável, a partir da identificação dos principais clientes e, das suas demandas, e a aplicação das etapas do método proposto.

### 3.1.1 Definir o Plano do Modelo de Negócios

Soluções sustentáveis eco eficientes e que ao mesmo tempo proporcionem eficiência energética são incentivadas em processos de combustão com combustíveis fósseis (EMBRAPA, 2016). Além disso, as opções existentes no mercado para secagem de grãos não abarcam todas as necessidades relativas aos requisitos básicos de qualidade do produto processado, tais como ausência de odor, contaminantes prejudiciais ao consumidor final e emissão de gás carbônico.

Na tentativa de propor soluções inovadoras que contemplem a produção com impacto reduzido no ambiente e gerem valor para toda a cadeia produtiva, a *Startup* estudada busca criar produtos

ambientalmente sustentáveis, tal como o produto objeto deste estudo – uma secadora de grãos por combustão de oxi-hidrogênio extraído da água. A secagem de grãos é considerada uma fase crítica, uma vez que a umidade remanescente do grão causa problemas tais como fungos, que contaminam o produto. O produto que após colhido, apresentar umidade superior a 15% (CONAB, 2016) necessita secagem, o que gera custos ao agricultor. Atualmente, a maior parte dos agricultores não possui silo de secagem dentro da própria fazenda, necessitando dos serviços de secagem de um terceiro, geralmente uma cooperativa. Os problemas deste processo são, entre outros, o custo relacionado ao transporte até o local de secagem, as perdas de produto durante o caminho, a grande dependência da cooperativa, a necessidade de confiar unicamente nos testes laboratoriais da empresa de secagem e ainda a necessidade de um operador com experiência no processo.

Nesse sentido, o objetivo da empresa é entregar uma solução para a gestão da secagem e armazenagem de grãos, por meio de uma máquina que seca os grãos, um silo portátil/moldável e laboratório para análises do grão, também ofertando uma solução para acompanhamento a distância do processo de secagem e armazenagem. Como forma de compreender o negócio e apresentar um contexto geral tanto dos aspectos de vantagem competitiva, como público-alvo, fontes de renda, entre outras especificidades do modelo de negócios do caso, elaborou-se o *Project Charter* e o *Lean Canvas*. As informações do *Project charter* foram omitidas neste capítulo por questões de confidencialidade das empresas. Contudo, as informações relevantes para o leitor acompanhar o desenvolvimento do projeto estão contempladas no *Lean Canvas*. O objetivo dessa ferramenta é descrever as características do negócio de forma sucinta e de fácil entendimento, apresentando-se como solução na busca por um desenvolvimento ágil (Nidagundi e Novickis, 2016). A [Figura 5](#) apresenta o *Lean Canvas* desenvolvido a partir de um grupo focal com as participação dos fundadores da *Startup*.

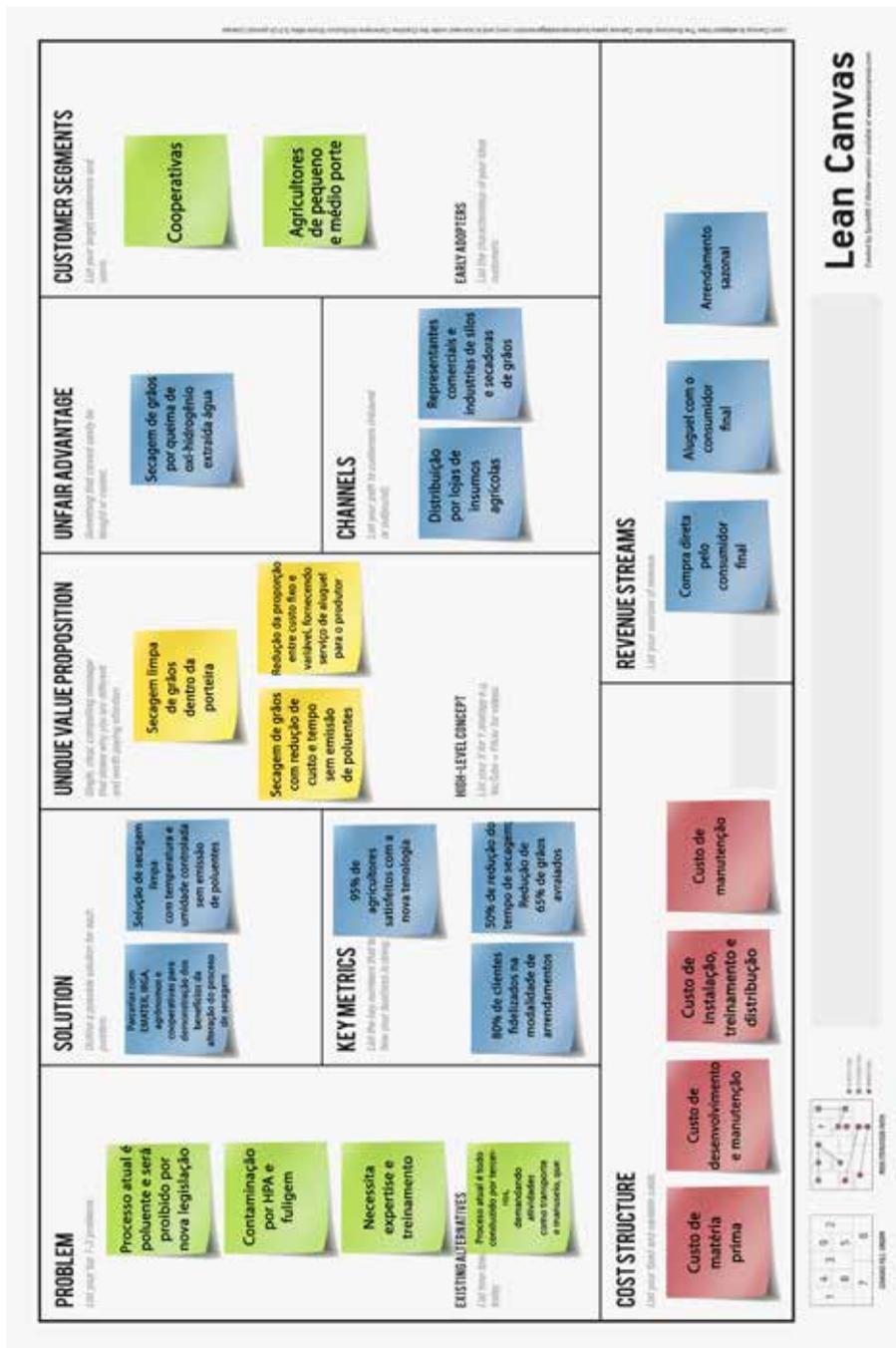


Figura 5 - Lean Canvas da solução de secagem de grãos estudada

A Figura 5 apresenta o modelo de negócios estudado, permitindo o atendimento à nova legislação europeia, a qual demanda processos ambientalmente sustentáveis, reduzindo assim o uso de combustíveis fósseis. Além disso, a lei aborda aspectos voltados à saúde do trabalhador e, conseqüentemente, à saúde do consumidor final. Desta forma, o modelo de negócio reduz problemas relacionados à operação do processo na entrega de valor para todos os *stakeholders*.

Para resolver os problemas identificados, a empresa inicialmente propôs uma máquina de secagem (nova tecnologia para secagem de grãos) cuja operação acontece de forma limpa, com maior controle do processo e sendo realizada diretamente na propriedade do agricultor. Os resultados apresentam algumas métricas almejadas pela empresa tal como a redução pela metade do tempo de secagem e em 80% no número de grãos avariados. As vantagens únicas (a proposição do diferencial) abordam a redução do custo fixo de secagem, assim como as já mencionadas vantagens ambientais e de eficiência.

O sistema de secagem por meio de um método diferenciado, sem a combustão de carvão, é caracterizado como uma vantagem difícil de ser replicada, dado o caráter pioneiro do processo. Os canais de distribuição são lojas e representantes comerciais. Os segmentos de clientes são as cooperativas (atualmente o principal responsável pela secagem de grãos no Brasil) e agricultores de pequeno e médio porte que não possuem silos de secagem próprio e dependem das cooperativas para secar os seus grãos. Nesse sentido, os custos são compostos pela matéria-prima e operação (instalação, manutenção, distribuição e treinamento). As fontes de renda são compostas pelos dois modelos de comercialização, sendo eles a venda do equipamento ou o seu arrendamento.

### 3.1.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço

A partir da análise do modelo de negócios, o PSS relacionado à solução definida pela *Startup* inicialmente caracterizou-se como PSS orientado ao produto, pois o valor da solução está

centrado na venda da máquina de secagem de grãos aos agricultores, mesmo que a oferta incluía diversos serviços agregados como instalação e manutenção. O modelo de negócio orientado ao produto é resultado da visão técnica dos co-fundadores da *Startup*, inicialmente constituída por engenheiros. No entanto, uma solução baseada em PSS sustentável deve considerar a integração de demandas dos diversos *stakeholders* da cadeia produtiva numa visão mais holística do processo de secagem, para que a inovação realmente agregue valor a todas as partes.

A consideração de uma solução baseada em PSS orientado ao uso ou ao resultado, de acordo com a classificação proposta por Tukker (2004), permitiria uma maior entrega de valor ao cliente que pagaria pelo uso da máquina ou pelo resultado final esperado (grão seco com a garantia das suas propriedades que gere o menor impacto ambiental possível) sem a necessidade da posse do bem (máquina). Além disso, nesses tipos de ofertas a responsabilidade pelo ciclo de vida da máquina seria da *Startup*, que procuraria estender a vida útil do equipamento e a otimização do uso do produto, podendo reduzir o impacto ambiental gerado.

Uma solução baseada em PSS com maior orientação ao uso e ao resultado foi proposta neste estudo, considerando requisitos de uma oferta que contemple a gestão do processo de secagem e armazenagem de grãos de baixo impacto ambiental. Para a *Startup*, o valor agregado estaria atrelado à prestação do serviço de gestão de secagem e armazenamento de grãos, a partir da tecnologia desenvolvida.

As próximas etapas do método aplicado permitem validar o tipo de modelo de negócio mais adequado para a solução a ser desenvolvida.

### 3.1.3 Entender o ciclo de vida do produto/serviço

Para compreender o ciclo de vida, mapeou-se o processo em questão, apresentando os elementos e atores que compõem a cadeia de valor para o cliente. A [Figura 6](#) apresenta a cadeia de valor para secagem e armazenagem dos grãos.

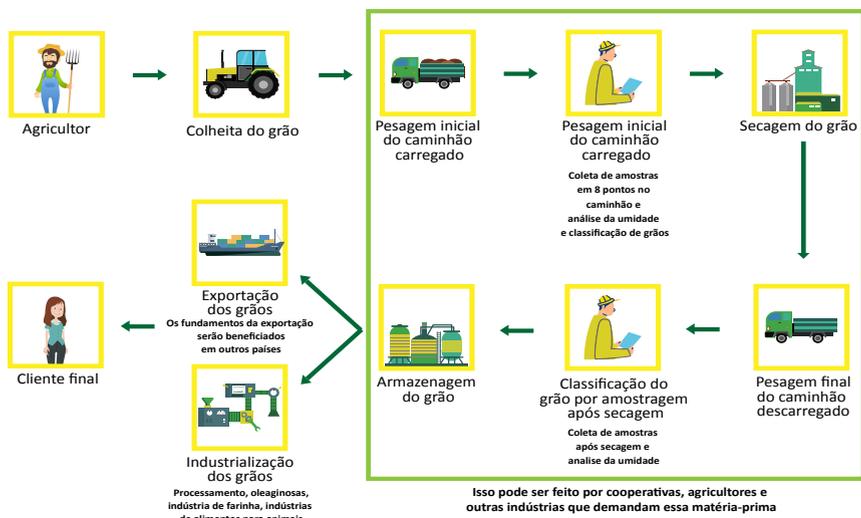


Figura 6 - Ciclo de vida do processo de secagem e armazenagem de grãos

O ciclo de vida descreve todas as etapas do produto ou serviço, ou seja, desde a colheita do grão úmido até o grão seco e armazenado. Após a armazenagem, os grãos podem ser destinados para industrialização ou exportação.

### 3.1.4 Identificar os *stakeholders* internos, externos e críticos

Nesta fase a equipe de desenvolvimento deve pensar em todos os envolvidos na entrega da oferta. Com a finalidade de identificar todos os envolvidos no desenvolvimento e entrega do PSS para a secagem e armazenagem de grãos, mapearam-se os *stakeholders* da cadeia. Os *stakeholders* da empresa considerados críticos para a operação foram destacados em verde claro, conforme o apresentado na Figura 6.

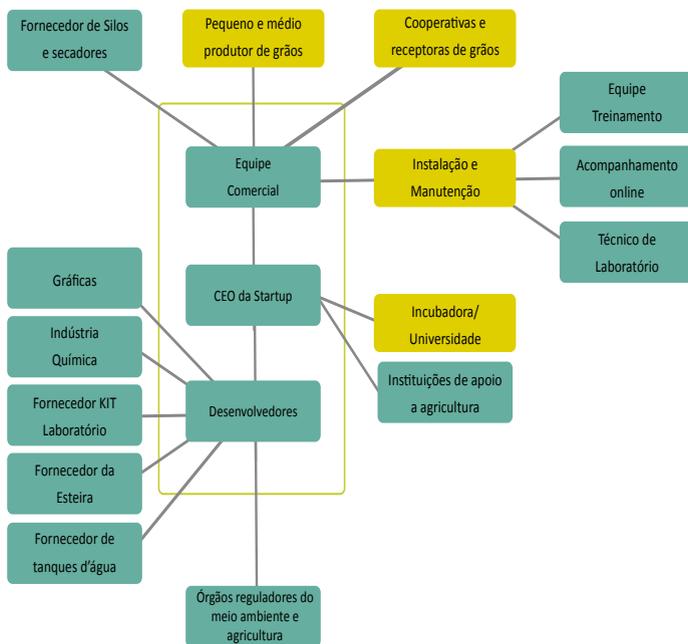


Figura 7 - *Stakeholders* da empresa analisada

Neste caso, os *stakeholders* internos diretos são o CEO da *Startup*, os desenvolvedores e a equipe comercial. Os *stakeholders* externos diretos são os fornecedores, a indústria química e os clientes (produtores e cooperativas). *Stakeholders* internos indiretos da *Startup* são os funcionários responsáveis pela instalação, manutenção, treinamento e monitoramento *online*, e ainda a universidade que incubava a *Startup*. Os *stakeholder* externos indiretos são compostos pelas cooperativas e pela indústria alimentícia, laboratórios, órgãos governamentais e agências de pesquisa.

A Figura 7 apresenta cada *stakeholder* relacionado com a empresa, composta pelos desenvolvedores, o CEO (chefe executivo de ofício da *Startup* e a equipe comercial). Os *stakeholders* críticos (representados pelo retângulo verde claro), os *quais* foram identificados por meio das entrevistas e com base no grau de relacionamento com a *Startup*, ou seja, foram considerados críticos aqueles que tinham um relacionamento muito próximo com a *Startup* e cuja participação era fundamental para a operação.

A equipe de instalação e manutenção também *constitui um stakeholder* crítico uma vez que fornece serviços diretamente ao cliente (agricultores e cooperativas). A relação da incubadora da universidade com a *Startup* caracteriza-se como crítica, dado o grande relacionamento entre os dois atores, e o constante apoio prestado pela universidade seja com pesquisas, cursos, *workshops* ou consultorias. Não obstante, entende-se que todos os *stakeholders* são importantes na cadeia até o consumidor final, incluindo órgãos governamentais tais como Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que além de fiscalizar, provêm informações à empresa. Fornecedores como a indústria química, equipamentos e gráficas afetam diretamente o resultado do produto final. Fica evidente que o desenvolvimento e a venda de um PSS envolvem diversos atores com funções diversas e uma interdependência importante. Assim a empresa deve buscar compreender quais as tarefas relacionadas com estes *stakeholders* e sua importância para a cadeia, como meio de planejamento visando tanto a troca de informações e conhecimento, como evitar possíveis problemas no abastecimento.

### 3.1.5 Definir a Proposição de valor

Para a identificação da proposição de valor, foi desenvolvido o *Value Proposition Canvas* (VPC) (Osterwalder et al., 2014) a partir de um grupo focal com os fundadores da *Startup* e potenciais clientes (pequenos e médios agricultores). Baseando-se nas informações levantadas nas entrevistas, a ferramenta auxiliou na elicitação da proposta de valor dos produtos e serviços desenvolvidos a serem entregues aos clientes, conforme apresentado na [Figura 8](#). Os resultados gerados no VPC demonstram que as “atividades do cliente” identificadas foram o processo de colheita e de transporte de grãos, armazenamento do grão, análise da qualidade do grão e secagem do grão. As “dores” apresentadas pelos clientes em relação ao processo atual foram os custos com madeira, transporte, armazenamento, funcionários ociosos e a necessidade de treinamento especializado.

Além disso, as dores envolvem os acidentes com trabalhadores e a dificuldade de manter a qualidade do grão após a secagem.

Os ganhos esperados no segmento de clientes são o melhor controle contínuo do processo, o baixo número de grãos avariados, e o processo limpo, rápido, energeticamente eficiente com menor necessidade de mão-de-obra. Do ponto de vista da *Startup*, a proposição de valor inclui: (i) os analgésicos para as dores dos clientes relacionados a proporcionar integridade dos grãos, aumentar a velocidade de secagem e não requerer mão-de-obra especializada ou transporte, dentre outros; (ii) os criadores de benefícios para atingir os ganhos esperados na secagem eficiente incluem o monitoramento e controle remoto do processo e manter o grão seco o ano inteiro. Finalmente, os produtos e serviços que devem compor a oferta PSS para atender a proposição de valor incluem: a instalação e suporte dos equipamentos, o controle da emissão de CO<sub>2</sub>, a gestão e a otimização do processo, consultoria, treinamento e laboratório local para análise de amostras.



Por fim, a VPC foi validada em uma reunião com o CEO da empresa, como forma de garantir uma maior validade dos resultados obtidos com a ferramenta.

### 3.1.6 Pivotar o Modelo de Negócios

A etapa de Pivotar o modelo de negócios busca identificar a proposta de valor do negócio, com base na VPC, buscando compreender as demandas dos clientes. O modelo de negócios foi pivotado a partir dos resultados do VPC e da revisão com os fundadores dos *Startup*, a fim de analisar os ajustes necessários (Ide et al., 2015; Nidagundi e Novickis, 2016). Os resultados do VPC demonstram que os agricultores e cooperativas demandam soluções mais completas para a secagem e armazenamento de grão, que integrem diversos produtos e serviços com maior foco na solução do problema. Assim, constatou-se a necessidade de estabelecer mecanismos que promovam informações aos agricultores tanto sobre a operação do equipamento desenvolvido pela *Startup*, quanto sobre os serviços agregados da oferta PSS e os benefícios do novo modelo de negócios proposto.

Por ser uma proposta inovadora, há incerteza por parte dos agricultores em investir em algo que não é conhecido. Informações dos benefícios do equipamento em relação à tecnologia usada atualmente para secagem de grãos são importantes para este segmento de clientes, uma vez que a operação do equipamento apresenta benefícios em relação à operação tradicional. Isto pode auxiliar a superar barreiras à adoção da nova oferta PSS. Portanto, informações sobre o melhor controle do processo de secagem, qualidade dos grãos, diminuição de impactos e confiabilidade do serviço, dentre outros aspectos, devem ser apresentadas para explicitar a oferta de valor do PSS.

Após pivotado o modelo de negócios, chegou-se à conclusão de que um PSS híbrido (orientado ao uso e orientado ao resultado) seria o mais adequado para fornecer valor para diversos clientes. Entende-se que o PSS orientado ao uso estaria voltado às Cooperativas e grandes agricultores, que possuem silos e

poderiam adotar a máquina desenvolvida pela *Startup* para realizar o processo de secagem de grãos de forma mais limpa, minimizando o impacto ambiental e pagando pelo uso da tecnologia e serviços agregados, em lugar de adquirir a máquina.

A solução baseada em PSS orientado ao resultado estaria voltada ao um nicho de mercado de pequenos e médios agricultores que, em geral, não têm silos em sua propriedade, demandando por uma oferta completa. Neste caso, seria necessária uma solução que fornecesse toda a gestão do processo de secagem e armazenagem de grãos. Neste sentido, uma forma de entregar essa solução completa para o pequeno agricultor seria a partir da parceria da *Startup* com as Cooperativas, que realizariam o processo de secagem e armazenagem. Assim, o pequeno e médio agricultor pagariam pelo resultado gerado (grão seco e armazenado). Nas próximas etapas são identificados e priorizados os requisitos da nova solução híbrida baseada em PSS sustentável.

## **3.2 Engenharia de requisitos**

Nesta seção são detalhados os requisitos dos *stakeholders* críticos ao longo do ciclo de vida do produto e serviço a partir da proposta de valor identificada na fase anterior.

### **3.2.1 Elicitar requisitos**

Nesta etapa foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa para identificar as necessidades dos clientes. Um questionário semiestruturado foi conduzido por questões para identificar a situação atual do agricultor tais como o tipo de cultura que trabalha, estado atual do processo de secagem e localização. O questionário qualitativo, inicialmente foi aplicado a cinco respondentes, sendo quatro respondentes da região sul do Brasil e um do Paraguai. Os respondentes pertencem ao público-alvo da solução desenvolvida. Os questionários foram aplicados pessoalmente ou por meio de vídeo-chamadas com os respondentes e tiveram uma duração média de 20 minutos.

### Roteiro da pesquisa qualitativa:

- 1) Em sua opinião, o que influencia na qualidade e eficiência no processo de secagem dos grãos?
- 2) Atualmente, como é feito controle de qualidade e umidade dos grãos? Como deveria ser feito?
- 3) Em sua opinião, quais são as dificuldades que o agricultor enfrenta para realizar o processo de secagem?
- 4) Quais as características do processo de secagem que interferem na qualidade do grão?
- 5) Caso fosse oferecido um processo de secagem diretamente no local de plantio para colheitas sazonais, como seria a oferta ideal desse serviço?
- 6) O que dificultaria a aquisição da assinatura deste serviço?
- 7) Como deveria ser o processo de secagem no futuro?

Com base nessas respostas foi possível levantar os requisitos e desenvolver a próxima etapa.

#### 3.2.2 Categorizar os requisitos

Os requisitos foram classificados em quatro categorias de alto nível e cada uma composta por seis ou sete requisitos secundários, como disposto no [Quadro 2](#).

| <b>Requisitos Primários</b>  | <b>Requisitos secundários</b>   |
|------------------------------|---|
| Qualidade dos grãos          | Atingir o % umidade do grão   |
|                              | Maior quantidade de grãos inteiros após secagem                                   |
|                              | Menor % de grãos avariados (quebrados, queimados e ardidos)                       |
|                              | Menor % de impurezas e resíduos   |
|                              | Menor tempo médio de secagem  |
|                              | Não apresentar odor/cheiro (contaminação)   |
|                              | Temperatura uniforme do grão  |
| Serviço de suporte e aluguel | Análise precisa de indicadores de qualidade de grãos e do processo na propriedade |
|                              | A opção de locação do silo e máquina para secagem de grãos                        |
|                              | A opção de locação de silos móveis para armazenamento de grãos secos              |
|                              | Disponibilidade de manutenção corretiva e preventiva                              |
|                              | Ter o controle do processo à distância (via web)                                  |
|                              | A opção de consultoria e treinamento sobre secagem e armazenagem de grãos         |
| Eficiência do processo       | Praticidade e simplicidade do processo  |
|                              | Estabilidade do processo (sem paradas, sem alterações)                            |
|                              | Disponibilidade de grão seco e armazenado o ano todo                              |
|                              | Precisão nas medições, resultados e análises                                      |
|                              | Previsão da qualidade do grão em tempo real                                       |
|                              | Capacidade de secagem e armazenagem ajustável conforme tamanho da safra           |
|                              | Agilidade do serviço entregue (instalação e locação)                              |
| Impacto ambiental            | Redução da emissão de poluentes   |
|                              | Redução da geração de resíduos  |
|                              | Redução do consumo de água  |
|                              | Redução do consumo de combustíveis (madeira/ GLP)                                 |
|                              | Redução do consumo de energia   |
|                              | Controle de emissão de gás carbônico (CO2)  |

Quadro 2 - Requisitos Primários e Secundários demandados pelos agricultores

Os requisitos secundários são desdobramentos que detalham o COMO atingir a qualidade do requisito do (alto nível). Para obter a eficiência do processo é necessário atender a praticidade, a estabilidade, a precisão nas medições, etc. Em outras palavras, numa perspectiva *backward*, o atendimento dos

requisitos secundários garante o atendimento do requisito primário ao qual ele pertence. Um bom exercício para a equipe é perguntar se o sistema a ser desenvolvido possui (requisitos secundários) praticidade, estabilidade, precisão nas medições, previsão da qualidade, capacidade de secagem e agilidade do serviço pode garantir o atendimento da qualidade para a eficiência do processo (requisito de alto nível).

### 3.2.3 Priorizar os requisitos dos clientes

Em um segundo momento, para determinar a importância dos requisitos levantados na fase anterior em relação ao estado atual do processo de secagem e armazenagem de grãos e seu interesse futuro em uma solução produto-serviço, foi elaborada uma pesquisa com agricultores nos três estados do Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). A pesquisa foi disponibilizada em formato *online* na plataforma Google® Forms. Ela foi dividida em seis seções principais: Situação atual do processo de secagem e armazenagem; Avaliação dos requisitos dos agricultores no processo de secagem e armazenagem de grãos; Disposição a pagar; Compra; Aluguel; e, Perfil do respondente. A amostra estabelecida neste estudo piloto foi de 14 agricultores.

A pesquisa *online* foi distribuída entre novembro/2017 e janeiro/2018 com uma carta de apresentação contendo uma descrição do estudo, seus objetivos e a instituição de pesquisa envolvida. Os questionários preenchidos foram recebidos durante os três meses. Para teste do método, a priorização foi realizada em uma amostra piloto de 14 agricultores, sendo que a priorização está disposta no **Quadro 2**. Recomenda-se que cálculos de tamanho de amostra sejam indicados nesta etapa para garantir a representatividade dos resultados.

| <b>Requisitos Primários</b>  | <b>Requisitos secundários</b>   | <b>F</b> | <b>IDI</b> |
|------------------------------|---|----------|------------|
| Qualidade dos grãos          | Attingir o % umidade do grão  | 4        | 6,3%       |
|                              | Maior quantidade de grãos inteiros após secagem                                   | 5        | 7,9%       |
|                              | Menor % de grãos avariados (quebrados, queimados e ardidos)                       | 5        | 7,9%       |
|                              | Menor % de impurezas e resíduos   | 4        | 6,3%       |
|                              | Menor tempo médio de secagem  | 2        | 3,2%       |
|                              | Não apresentar odor/cheiro (contaminação)   | 3        | 4,8%       |
|                              | Temperatura uniforme do grão  | 1        | 1,6%       |
| Serviço de suporte e aluguel | Análise precisa de indicadores de qualidade de grãos e do processo na propriedade | 6        | 4,0%       |
|                              | A opção de locação do silo e máquina para secagem de grãos                        | 3        | 2,0%       |
|                              | A opção de locação de silos móveis para armazenamento de grãos secos              | 4        | 2,7%       |
|                              | Disponibilidade de manutenção corretiva e preventiva                              | 6        | 4,0%       |
|                              | Ter o controle do processo à distância (via web)                                  | 3        | 2,0%       |
|                              | A opção de consultoria e treinamento sobre secagem e armazenagem de grãos         | 2        | 1,3%       |
| Eficiência do processo       | Praticidade e simplicidade do processo  | 5        | 4,6%       |
|                              | Estabilidade do processo (sem paradas, sem alterações)                            | 4        | 3,7%       |
|                              | Disponibilidade de grão seco e armazenado o ano todo                              | 4        | 3,7%       |
|                              | Precisão nas medições, resultados e análises                                      | 2        | 1,8%       |
|                              | Previsão da qualidade do grão em tempo real                                       | 2        | 1,8%       |
|                              | Capacidade de secagem e armazenagem ajustável conforme tamanho da safra           | 6        | 5,5%       |
|                              | Agilidade do serviço entregue (instalação e locação)                              | 1        | 0,9%       |
| Impacto ambiental            | (...)   | 5        | 5,0%       |
|                              | Redução da emissão de poluentes   | 5        | 5,0%       |
|                              | Redução da geração de resíduos  | 4        | 4,0%       |
|                              | Redução do consumo de água  | 2        | 2,0%       |
|                              | Redução do consumo de combustíveis (madeira/ GLP)                                 | 4        | 4,0%       |
|                              | Redução do consumo de energia   | 2        | 2,0%       |
|                              | Controle de emissão de gás carbônico (CO <sub>2</sub> )                           | 2        | 2,0%       |

F - Frequência de escolha do requisito; IDI - % de escolha dos requisitos

### Quadro 3 - Requisitos priorizados

Note que, para efeitos didáticos foi considerada uma amostra arbitrária no intuito de testar cada etapa do método proposto. Destaca-se que no **Quadro 3** a coluna F indica a frequência de seleção dos requisitos pelos respondentes. Nesse estudo, a priorização foi realizada a partir de uma questão de múltipla escolha, na qual o

o respondente deveria selecionar os três requisitos mais importantes, em cada categoria do requisito primário. Nota-se que entre os requisitos priorizados estão, a saber: maior quantidade de grãos inteiros após secagem (7,9%); menor % de grãos avariados (quebrados, queimados e ardidos) (7,9%); Capacidade de secagem e armazenagem ajustável conforme o tamanho da safra (5,5%); análise precisa de indicadores de qualidade e do processo na propriedade (4%).

#### 3.2.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações

A partir da priorização dos requisitos, identificaram-se os requisitos técnicos associados aos requisitos dos agricultores. Esses requisitos estão associados às especificações a serem atingidas, conforme apresentado no [Quadro 4](#).

| <b>Requisitos priorizados</b>   | <b>Requisitos técnicos</b>   | <b>Especificações</b> |
|---|--|-----------------------|
| Atingir o % umidade do grão   | Horas para atingir a umidade de 13,5% (h)                            | < 7 horas             |
| Maior quantidade de grãos inteiros após secagem                                   | Grãos inteiros após secagem em relação ao total (%)                  | > 95%                 |
| Menor % de grãos avariados (quebrados, queimados e ardidos)                       | Avaria após secagem (%)  | < 3%                  |
| Menor % de impurezas e resíduos   | Impurezas de secagem (%)   | < 4%                  |
| Temperatura uniforme do grão  | Temperatura do grão (°C)   | 60 < T < 70°C         |
| Não apresentar odor/cheiro (contaminação)   | Análise sensorial de odor  | > 10%                 |
| A opção de locação do silo e máquina para secagem de grãos                        | Percentual de clientes satisfeitos de locação de silo de armazenagem | > 95%                 |
| Disponibilidade de manutenção corretiva e preventiva                              | Quantidade de visitas semestrais                                     | > 1                   |
| A opção de consultoria e treinamento sobre secagem e armazenagem de grãos         | Horas consultoria e capacitação                                      | > 25 horas anuais     |
| Ter o controle do processo a distância (via web)                                  | Quantidade de relatórios gerados                                     | > 2/ safra            |
| A opção de locação de silos móveis para armazenamento de grãos secos              | Percentual de clientes satisfeitos com a locação                     | > 95%                 |
| Análise precisa de indicadores de qualidade de grãos e do processo na propriedade | Precisão das análises  | > 95%                 |
| Redução da geração de resíduos  | Metros cúbicos de água a cada 60 toneladas de grãos secos            | > 0,035 m3            |
| Redução do consumo de água  | Taxa de consumo de combustíveis (kg)                                 | 0 Kg                  |
| Redução do consumo de combustíveis (madeira/ GLP)                                 | Energia consumida para secar uma saca (kwt/h)                        | 0,398 kWh             |
| Redução do consumo de energia   | Índice de CO2 não emitido (venda de créditos de carbono)             | > 1000 moedas verdes  |
| Capacidade de secagem e armazenagem ajustável conforme tamanho da safra           | Capacidade do processo em sacas                                      | 2500 sacas            |
| Precisão nas medições, resultados e análises                                      | Índice de testes de qualidade replicável (%)                         | 100%                  |
| Previsão da qualidade do grão em tempo real                                       | Intervalo de tempo entre a medição e resultado (h)                   | < 2 horas             |

**Quadro 4 - Requisitos técnicos e especificações**

Conforme o [Quadro 4](#), nota-se que os requisitos técnicos são indicadores, preferencialmente mensuráveis, que permitem o controle dos requisitos de qualidade ao longo do desenvolvimento e entrega da oferta. As especificações sinalizadas na terceira coluna, [Quadro 4](#), estabelecem um limite de especificação-meta para o cumprimento do requisito. Vale ressaltar que o cumprimento do requisito técnico deveria garantir o atendimento do requisito do cliente. A *Startup* deve assegurar que essas especificações sejam alcançadas para obter uma solução PSS que atenda aos requisitos do cliente.

### 3.2.5 Priorizar os requisitos técnicos

Nesta etapa foi construída a Matriz da Qualidade (QFD) com a finalidade de associar os requisitos dos clientes do PSS com requisitos técnicos e especificações, [Quadro 5](#). Os cálculos de priorização, escalas e índices foram baseados em Ribeiro et al (2001).



No Quadro 5, a equipe atribuiu o valor 9 que representa uma relação forte para a precisão das análises, por exemplo. Neste caso, os agricultores priorizam a avaliação precisa da qualidade dos grãos, como umidade e classificação dos grãos. A dificuldade de atuação sobre os requisitos técnicos (Dj) avalia a complexidade de obter as especificações dos requisitos técnicos. Para esta avaliação foi utilizada a escala 0,5 = Muito difícil; 1,0 = Difícil; 1,5 = Moderado; e 2,0 = Fácil. No Quadro 5, verifica-se que as especificações que apresentam maior complexidade para serem alteradas são: taxa de emissão de poluentes; avaria após secagem; impurezas advindas do processo de secagem; horas para atingir a umidade de 13,5 %; e, grãos inteiros após secagem.

A análise competitiva dos requisitos técnicos (Bj) baseia-se em um *benchmark* técnico, isto é, o produto da organização é confrontado com a concorrência, considerando os requisitos técnicos. A escala utilizada para sua medição foi 0,5 = Acima da concorrência; 1,0 = similar à concorrência; 1,5 = Abaixo da concorrência, e 2,0 = Muito abaixo da concorrência. A equipe julgou que as especificações, como atender a demanda e índice de testes de qualidade replicável (%), se apresentaram acima da concorrência sob a ótica da qualidade. Neste caso, a equipe foi composta por estudantes especialistas no processo de secagem e representante da *Startup*. Além disso, neste estudo a concorrência foi definida como a maior empresa fornecedora de silos de secagem e armazenagem de grãos da região.

### 3.2.6 Identificar relações *trade-off* entre requisitos técnicos

Nesta fase foi realizada a integração da oferta (requisitos do sistema produto-serviço), ou seja, o Telhado da matriz da qualidade do QFD, Quadro 6. O Telhado da matriz da qualidade do QFD tem por finalidade identificar o co-relacionamento entre os requisitos técnicos, isto é, visa verificar a existência de interdependência entre as mesmas. Essas correlações podem ser positivas (+) ou negativas (-).

| <b>Requisitos técnicos do PSS</b>         | Taxa de emissão de poluentes | Avaria após secagem | Impurezas advindas do processo de secagem | Horas para atingir a umidade de 13,5 % | Grãos inteiros após secagem | Índice de testes de qualidade replicável |
|---|------------------------------|---------------------|---|--|-----------------------------|--|
| Taxa de emissão de poluentes              | 0                            |                     |   | -                                      | +                           | -  |
| Avaria após secagem                       |                              | 0                   | -   | +                                      |                             | -  |
| Impurezas advindas do processo de secagem |                              |                     | 0   | +                                      |                             | -  |
| Horas para atingir a umidade de 13,5 %    |                              |                     |   | 0                                      | +                           |  |
| Grãos inteiros após secagem               |                              |                     |   |  | 0                           | +  |
| Índice de testes de qualidade replicável  |                              |                     |   |  |                             | 0  |

Quadro 6 - Identificação das relações entre os requisitos técnicos

Como relação ou interdependência negativa observa-se a influência do requisito técnico quantidade de horas para atingir a umidade de 13,5% sobre o requisito taxa de emissão de poluentes, pois ao desenvolver uma solução para diminuir o número de horas aumenta-se a emissão de poluentes pela quantidade de combustível utilizado. Outra relação negativa foi observada entre o requisito técnico taxa de emissão de poluentes e o índice de testes de qualidade replicável. O índice de teste qualidade replicável constitui-se na coleta de oito pontos de amostragem no caminhão de recebimento dos grãos. Este índice avalia a uniformidade da qualidade do grão comparando os pontos analisados.

A terceira relação destacável, segundo a equipe, apresenta interdependência negativa entre avaria após secagem e índice de testes de qualidade reuplicável.

Em outras palavras, a quantidade de vezes em que a massa do grão é passada na peneira para reduzir a quantidade de impurezas pode provocar avarias. Por outro lado, como relação ou interdependência positiva verificou-se o aumento da quantidade de grãos inteiros após secagem com a diminuição da taxa de emissão de poluentes, o atendimento a um requisito técnico favorece o atendimento do outro. Outra relação positiva é a da quantidade de horas para atingir umidade de 13,5% com a diminuição da avaria e das impurezas que advém do processo de secagem, pois quanto menor a quantidade de horas melhor a qualidade da secagem.

### 3.2.7 Publicar os requisitos

A publicação dos requisitos é quando estes são apresentados aos *stakeholders* e homologados. O **Quadro 4** exemplifica o conteúdo do documento de publicação dos requisitos. Teoricamente, todos os requisitos devem ser atendidos, destacando que alguns desses são críticos para a qualidade.

## 3.3 Integração do sistema produto-serviço

Esta seção é subdividida em três etapas denominadas: (i) Analisar as relações conflitantes entre produtos e serviços; (ii) Desdobrar os processos e (iii) Identificar os processos críticos, detalhadas a seguir.

### 3.3.1 Analisar as relações conflitantes entre produtos e serviços

As relações conflitantes entre produtos e serviços foram discutidas com os fundadores da *Startup* por meio de *workshops*. Nestas oportunidades foram convidados para participar os *stakeholders internos da empresa (fundador e co-fundador)* para identificar diferentes visões sobre o PSS.

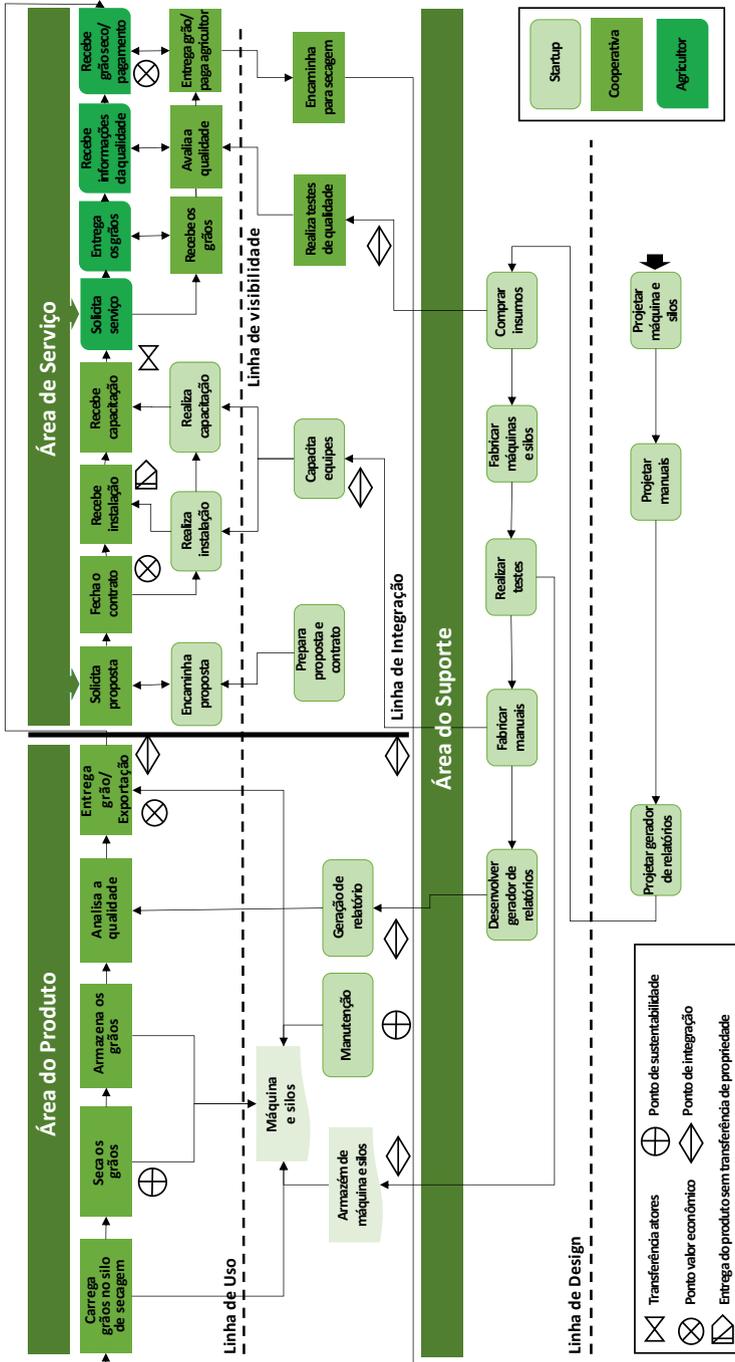


Figura 9 - Product Service Blueprint da oferta PSS

### 3.3.2 Desdobrar os processos

Os processos para a solução PSS híbrida foram desdobrados e mapeados por meio do *Product Service Blueprint* Geum e Park (2011), Ressalta-se dos requisitos técnicos críticos deve ser atendidos nos processos desdobrados e apresentados na [Figura 9](#). Nesta figura pode-se observar que o desenho do processo foi dividido em três áreas: área de suporte, de serviço e de uso do produto.

A análise do diagrama pode iniciar na área de suporte, com o desenvolvimento e fabricação da máquina de secagem, incluindo a produção dos manuais da máquina, material de apoio para treinamentos e desenvolvimento do sistema de informação e plataforma de dados. Ao finalizar os processos de suporte, a análise continua nas ações dos clientes na área de serviço, conforme (Geum e Park, 2011). No *front office* da área de serviços, o agricultor e a Cooperativa interagem com a *Startup* e entre eles para solicitar e receber propostas, solicitar serviços de secagem e armazenagem de grãos, solicitar e receber assistência técnica e consultoria. No *back office* da área do serviço acontecem as atividades que não são visíveis aos agricultores, como treinamento e assistência técnica para a Cooperativa sobre o processo de secagem, instalação da máquina de secagem na Cooperativa além das atividades de fornecimento de informações na plataforma de dados sobre processo de secagem. O agricultor também pode ter acesso à plataforma para monitoramento do processo de secagem e armazenamento de grãos e receber consultoria.

Na área de uso do produto destacam-se processos de interação da Cooperativa com a máquina de secagem, silos de armazenamento e *kit* de laboratório, incluindo o carregamento dos silos e início do processo de secagem, verificação da qualidade dos grãos, condução do processo de secagem e retirada dos grãos dos silos. Durante o uso da máquina, a Cooperativa interage com a plataforma de dados da *Startup* para monitoramento dos parâmetros de qualidade dos grãos. Na área de gestão do uso do produto, a *Startup* monitora o processo, realiza manutenção da

máquina e alimenta a plataforma com os dados importantes para a qualidade dos grãos e otimização do processo de secagem.

Nota-se que a maioria dos processos de interação direta com a *Startup* acontecem com a Cooperativa. A interação da *Startup* com os agricultores é de forma indireta por meio da Cooperativa e da plataforma da *Startup*. O *Product-Service Blueprint* apresenta diversas informações, tais como onde existe criação de valor econômico, pontos de decisão, sustentabilidade, integração entre as áreas de produtos e serviços, etc.

A partir do diagrama, nota-se a complexidade do processo, assim como a necessidade de uma integração entre diversos atores (*Startup*, Cooperativa, agricultor e outros possíveis prestadores de serviços), para a entrega de uma solução que agrega valor para os clientes da empresa e um menor impacto ambiental, pois não existe a transferência de posse da máquina e dos silos de armazenamento, os quais são de responsabilidade da *Startup* durante todo o seu ciclo de vida.

### 3.3.3 Identificar os processos críticos

A Matriz de processos foi desenvolvida com base no QFD e no *Product Service Blueprint*, [Quadro 7](#). Foram selecionados os principais processos relacionados aos requisitos técnicos priorizados na etapa 3.2.5 em um esforço de comunicar as propostas e visualizar mais sintética e racionalmente os processos críticos.

|  |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Se o processo X for realizado perfeitamente, estará assegurado o atendimento das especificações para a característica da qualidade y?<br>Sim (9), então a relação é forte; Parcialmente (3), então a relação é média, Não (1) então não existe relação | Energia gasta para secar uma saca (kmt/h)     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Índice de normas e leis atendidas (%)         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Número de dias para implementação do serviço  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Precisão das análises                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Capacidade do processo em sacas               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Índice de testes de qualidade replicáveis (%) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Metros cúbicos de água por secagem            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Quantidade de resíduo sólido gerado (kg)      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Atender a demanda conforme a necessidade (%)  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | Taxa de consumo de combustíveis (kg)          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Processos  | Requisitos técnicos priorizados               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 0,38  | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,55 | 0,57 | 0,58 | 0,60 | 0,70 | 0,72 |
| Preparar a proposta  |   | 9    |      |      |      |      |      | 3    | 3    |      |
| Instalação de equipamentos   | 3   |      | 9    | 3    |      | 3    | 3    | 9    |      | 3    |
| Fornecer assistência técnica   | 3   |      |      | 3    | 9    |      | 3    |      |      | 3    |
| Fornecer treinamento   |   | 3    |      |      | 3    |      | 9    |      |      |      |
| Fabricação de silos e equipamentos   |   | 3    |      |      |      | 9    |      |      |      | 3    |
| Desenvolver software   |   |      |      | 1    | 3    | 3    | 9    |      | 3    | 3    |
| Desenvolver comunicação de dados   |   |      |      |      | 3    |      | 3    |      |      |      |
| Controle do processo e otimização  | 1   | 9    |      | 1    | 3    | 1    | 9    |      | 3    | 1    |
| Manutenção corretiva/ preventiva   |   |      |      | 3    | 1    | 1    | 3    |      | 3    | 3    |
| Limpeza/ retirada  |   | 9    |      |      |      |      |      |      | 3    |      |

Quadro 7 - Matriz de processos da *startup*

Dentre os processos críticos identificados, os que apresentam pelo menos duas relações fortes (nota 9 de relacionamento no Quadro 7) com os requisitos técnicos foram: Instalação de equipamentos e Controle do Processo e Otimização. Estes processos devem ser priorizados pela *Startup* para garantir o atendimento a requisitos técnicos e requisitos demandados pelos clientes nas etapas anteriores.

### 3.4 Descrição da solução do sistema produto-serviço

Nesta etapa do método proposto, os resultados do *Product Service Blueprint* - Matriz de processos e requisitos priorizados são utilizados para descrever a solução Sistema Produto-Serviço sustentável obtida a partir do uso da ferramenta *System Maps*.

#### 3.4.1 Desenhar e Descrever o conceito do PSS

O conceito final do Sistema Produto-Serviço híbrido foi desenhado utilizando a ferramenta *System Maps*, conforme a [Figura 10](#). A oferta inicia quando o pequeno agricultor entra em contato com a Cooperativa para solicitar o serviço de gestão do processo de secagem e armazenagem de grãos. A Cooperativa, por sua vez, avalia a necessidade do agricultor junto com a *Startup* para determinar a solução que se adequa à necessidade do pequeno agricultor. A *Startup* fornece à Cooperativa a locação da máquina de secagem, instalação da mesma nos silos da Cooperativa, kit de laboratório para análises químicas dos parâmetros de qualidade dos grãos, serviços de capacitação para uso da máquina, assistência técnica, acesso à plataforma de dados de monitoramento do processo e plano de manutenção preventiva e corretiva pelo período contratado. A Cooperativa fornece serviço de secagem e armazenagem de grãos além de verificação da qualidade dos grãos para os agricultores. O agricultor ainda pode monitorar a qualidade dos grãos, solicitar informações e consultoria técnica a partir da plataforma de dados da *Startup*. Ao final do contrato com a Cooperativa, a empresa faz o recolhimento dos equipamentos.

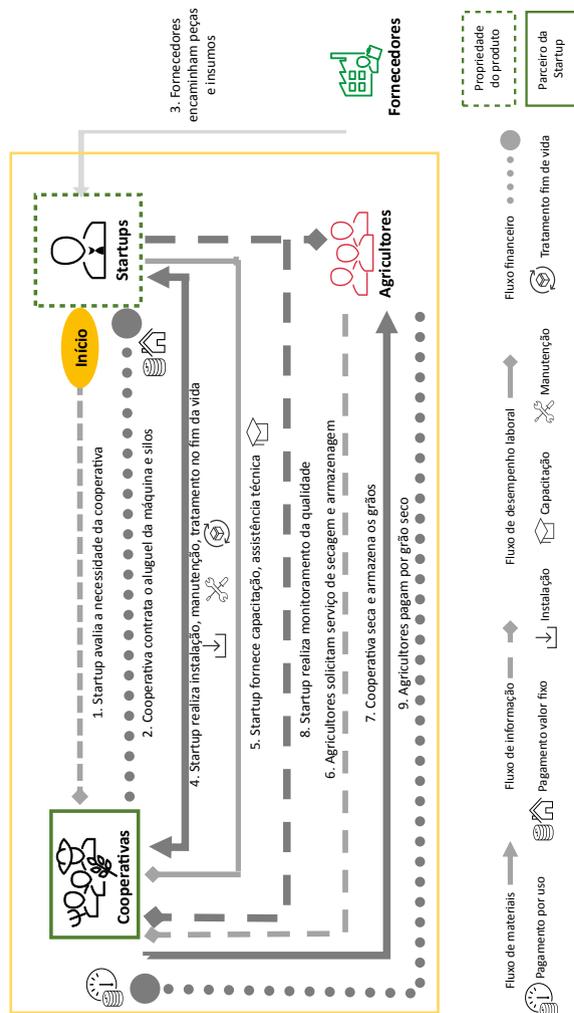


Figura 10 - Conceito da oferta PSS

### 3.4.2 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders

Para validar o conceito e requisitos integrados, foram convidados os *stakeholders* internos da empresa (fundador e co-fundador da *Startup*) para um *workshop* junto com os pesquisadores autores deste livro e o proprietário da *Startup*, avaliando suas visões e se a oferta PSS teria uma boa aceitação no mercado.

### 3.5 Considerações finais e questões para discussão

O estudo apresentou uma proposta para uma solução sustentável na secagem e armazenagem de grãos com um sistema produto-serviço sustentável. Os resultados apontaram os requisitos priorizados para a gestão do processo de secagem e armazenagem de grãos a partir de um PSS híbrido (orientado ao resultado aos agricultores e orientado ao uso para as cooperativas). Este estudo de caso permitiu testar o artefato proposto por meio da aplicação real.

Atendendo à lacuna de pesquisa e a escassez de trabalhos sobre o desenvolvimento de sistemas produto-serviço voltados à agricultura, este estudo entrega uma solução baseada na oferta de PSS sustentável, envolvendo a gestão do processo de secagem e armazenagem para os agricultores de pequeno e médio porte. Essa solução é concretizada a partir de uma tecnologia de menor impacto ambiental e mais eficiente para garantir a qualidade dos grãos durante o processo de secagem. A solução inclui a máquina e silos para secagem e armazenagem, o monitoramento da qualidade dos grãos, instalação, capacitação, manutenção de acordo às necessidades dos clientes.

O trabalho realizado permitiu que a *Startup* identificasse quais são as necessidades dos clientes e as diretrizes gerenciais para atender seus requisitos. A participação dos principais stakeholders da solução auxiliou no desenvolvimento deste estudo e na proposição de um PSS sustentável de maior valor para os produtores e cooperativas. Uma vez que agricultores e cooperativas tenham adquirido essa oferta, optando por um método de secagem sustentável, diferente do método de secagem atual realizado pela combustão da lenha. Esta alternativa fornece um suporte à solução do processo de secagem e armazenagem de grãos, entregando a gestão do processo de secagem e armazenagem como um todo para os agricultores.

Em relação ao caso apresentado, responda as seguintes questões:

- 1) Quais ofertas poderiam ser incrementadas além das informadas anteriormente?
- 2) Que requisitos importantes para os agricultores são necessários considerar em uma futura pesquisa?
- 3) Como adaptar a sequência desta pesquisa no caso do desenvolvimento de um PSS para uma outra *Startup*?



#### 4. EXPERIÊNCIA EM UMA EMPRESA DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS



Nesta seção é apresentada a contextualização do estudo de caso da empresa nomeada como AVE, objeto de estudo deste trabalho, assim como a identificação do modelo de negócios e classificação do tipo de PSS para a solução inicialmente identificada pela empresa. No cenário internacional, o Brasil se destaca entre os 10 maiores produtores de calçados do mundo. Segundo o Relatório setorial da indústria de calçados/Brasil ABICALÇADOS (2017), o setor calçadista brasileiro é formado por aproximadamente 7,7 mil empresas, gera diretamente mais de 300 mil postos de trabalho e produz por volta de 944 milhões de pares de sapatos por ano. Em 2016, o setor exportou 126 milhões de pares de calçados, gerando US\$999 milhões de faturamento com as exportações para mais de 150 países.

Na produção de calçados, o plástico ou a borracha possuem uma participação 46,6% no setor, enquanto a produção utilizando laminado sintético representa 27,4% e de couro 19,9%. (ABICALÇADOS, 2017). Sabe-se que as empresas de manufatura comumente geram um grande volume de resíduos, sejam efluentes líquidos ou resíduos sólidos (plástico/borracha). Nesse contexto, a indústria calçadista gera uma classe de resíduos sólidos provenientes do corte na produção de calçados (borracha, plásticos, couro, papéis) que deve ter um descarte correto.

A gestão dos resíduos sólidos deve ser realizada de acordo com suas licenças de operação e também devem seguir as legislações pertinentes a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNR), nas esferas municipal, estadual e federal. Para isto, as empresas buscam a melhor forma para a destinação correta dos resíduos. O resíduo gerado pelo setor pode ser descartado em um aterro sanitário, segundo as normas de destino e classificação, o que gera um custo consideravelmente alto para a empresa, pois este serviço engloba gastos com transporte, triagem dos resíduos e aterro do material. Outra opção de descarte é contratar uma empresa terceirizada especialista no assunto para fazer a destinação correta dos resíduos, incluindo a sua logística. O descarte em aterro é uma opção de destino para os resíduos, porém, não é a opção mais sustentável.

Dado o exposto, este trabalho apresenta um método de gestão dos requisitos no desenvolvimento de soluções sustentáveis *Sustainable Product Service System* para a destinação correta dos resíduos sólidos gerados no setor calçadista. O estudo parte da aplicação de ferramentas para o levantamento e desdobramento dos requisitos de uma solução para o reaproveitamento dos resíduos para a produção de outros produtos serviços como por exemplo, embalagens de calçados, considerando todo o ciclo de vida do produto, do berço ao berço.

A empresa AVe é uma organização que faz reaproveitamento de resíduos de fábricas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul. A empresa recolhe e processa aparas da indústria calçadista e resíduos plásticos domésticos, fornecidos por cooperativas de catadores de materiais recicláveis das regiões do Vale do Sinos e Paranhana.

#### **4.1 Descrição do contexto e modelo de negócios**

A AVe é uma empresa de lâminas, barras, tubos de plástico e laminado produzidos com resíduos da indústria calçadista. A empresa, fundada no ano de 2012 e constituída de capital privado, possui três fábricas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul. Em suas unidades, emprega 78 colaboradores e gera mais de 172 empregos indiretos. O propósito da empresa é reaproveitar todos os resíduos de corte provenientes da indústria calçadista e demais resíduos sólidos não inertes (suas características físico-químicas, não sofrem transformações em sua composição) e inertes (resíduos que não se apresentam como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos, e nem possuem tendência a sofrer uma reação química). A partir destes materiais, procura-se agregar valor por meio da fabricação de produtos inovadores e sustentáveis como palmilhas, couraças, contrafortes e embalagens. Com isso, a empresa promove a auto sustentabilidade de diversas cadeias industriais, em especial a calçadista, gerando empregos e incentivando mudança cultural em relação a utilização de resíduos.

Segundo a Norma Brasileira NBR 10.004, ABNT (2004),

entende-se por resíduos nos estados sólidos e semissólidos os que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estes resíduos são classificados em classes I e II. Os resíduos pertencentes a classe I apresentam risco à saúde pública, risco ao meio ambiente ou uma das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Os resíduos relacionados na classe II são subdivididos em A e B. Os resíduos não inertes, que não se enquadram nas classificações de perigosos ou inertes, são considerados do grupo A. Suas propriedades são biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. No grupo B estão os inertes, isto é, quaisquer resíduos que não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se o aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A empresa AVE produz laminados para palmilha feitos à base de materiais termoplásticos reciclados. Este produto atinge mais de 4.000 flexões, quase três vezes mais que o exigido da celulose para calçados femininos de uso no dia-a-dia. Outras características do material das palmilhas que podem ser destacadas são: não delamina (solta as camadas), não absorve umidade, não incha; possui ótima ancoragem para colagem; contribui para o conforto do calçado; pode ser fornecido em placas ou bobinas, com ou sem dublagens ou pares. O material tem propriedades que garantem a conformação deste artigo, transformando lâminas em peças moldadas para embalagens, além das palmilhas. Com excelente relação custo-benefício, cada peça é 100% reciclável, fornecida nas espessuras de 0,80 mm até 4,0 mm, largura de 1,20 até 1,40 m. Somente 40% dos resíduos são reaproveitados para a fabricação de palmilhas, mas ainda há um percentual de 60% que é descartado, sendo este o problema a ser resolvido neste caso.

Concluída a contextualização da empresa, procedeu-se a descrição do projeto. Alguns documentos nortearam a realização desta aplicação, por exemplo, o Termo de abertura do projeto (*Project Charter*) que foi preenchido com o objetivo de apresentar o contexto sobre o problema de pesquisa. O termo não é apresentado neste

capítulo por questões de sigilo. Algumas informações sobre o negócio, para acompanhamento do leitor são apresentadas no *Lean Canvas*.

#### 4.1.1 Definir o Plano do Modelo de Negócios

Tendo por meta propor uma solução sustentável para a gestão dos resíduos da indústria calçadista, a equipe desenvolveu o modelo de negócios para a empresa AVE. Os tópicos do *Lean Canvas* foram preenchidos pela equipe de desenvolvimento executora de modo a constituir uma visão comum do modelo proposto, [Figura 11](#).

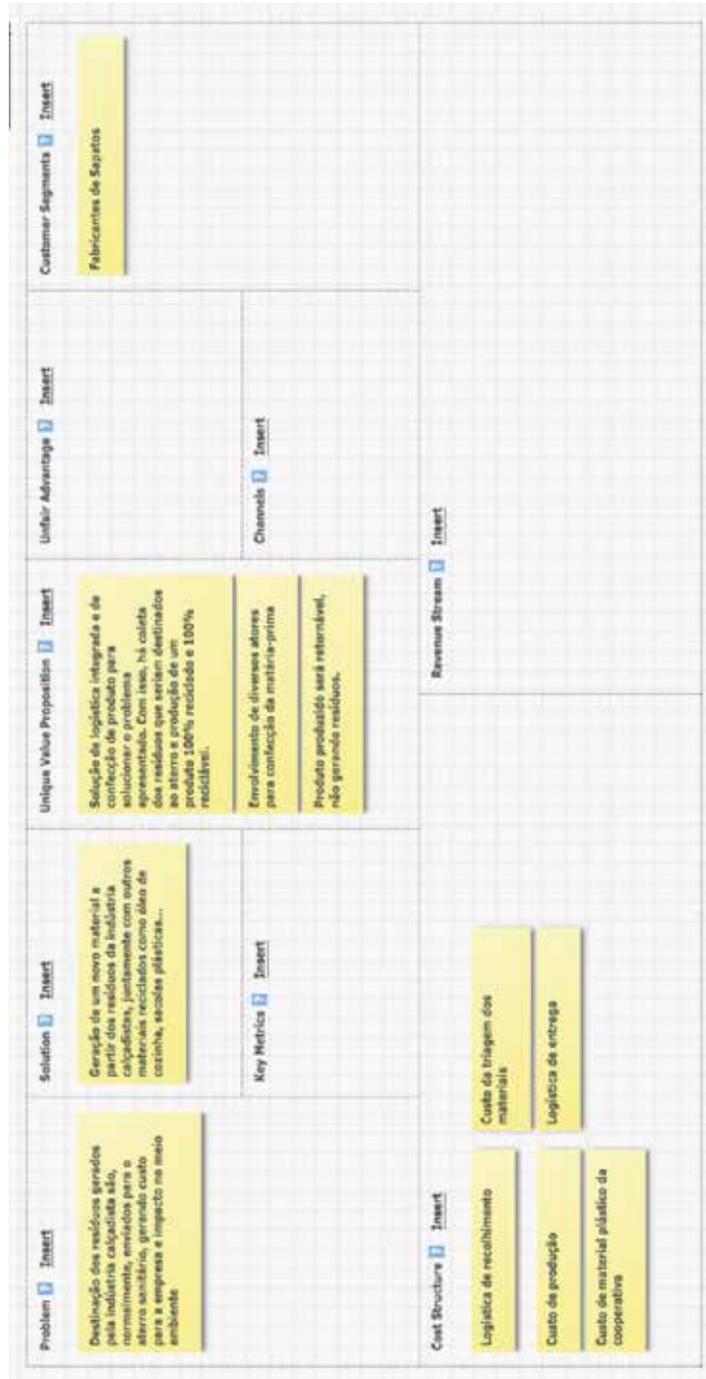


Figura 11 - Lean Canvas do modelo de negócio

Na [Figura 11](#), apresenta-se o problema central que se constitui na destinação de 60% dos resíduos sólidos gerados pela indústria calçadista. A solução de negócio é desenvolver um novo material a partir desses resíduos, evitando o descarte para um aterro sanitário. O envio de material para um aterro gera, conseqüentemente, custos para as empresas do setor calçadista e impactos negativos ao meio ambiente (poluição e degradação da natureza). A proposta de negócio no Lean Canvas é reaproveitar a borracha descartada no processo produtivo calçadista, mediante mistura com outros materiais reciclados, como óleo de cozinha, para transformá-la em um produto que retorne à cadeia calçadista.

#### 4.1.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço

O negócio descrito no *Lean Canvas* ([Figura 11](#)) é a produção de laminados a partir da reciclagem de resíduos do setor calçadista para posterior uso das empresas da mesma cadeia produtiva. Os laminados são desenvolvidos como matéria prima ou material auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, favorecendo a economia circular e a minimização de impactos ambientais.

Neste trabalho, o conceito proposto para empresa foi converter o laminado em uma embalagem sustentável para armazenar, proteger e transportar o produto, neste caso, sapatos. Além disso, após o uso da embalagem, ela retorna para o fornecedor (empresa AVE), fechando o ciclo.

Este conceito de oferta poderia ser classificado como um PSS orientado ao uso, conforme classificação de (Tukker, 2004). O PSS orientado ao uso consiste na solução baseada na utilização de um produto sem que a posse do bem seja do cliente. O produto é disponibilizado ao cliente (empresas do setor calçadistas) para o seu uso, conforme contrato estabelecido entre as partes envolvidas.

#### 4.1.3 Entender o ciclo de vida do produto/serviço

O ciclo de vida descreve todas as etapas relativas a um produto ou serviço. Na [Figura 12](#) apresentam-se as etapas do ciclo de

vida da embalagem, desde a aquisição da matéria-prima gerada pelo corte no setor calçadista até a chegada do produto ao consumidor final. Ressalta-se a importância dos requisitos em contemplar todas as etapas da cadeia produtiva, assegurando alcançar a sustentabilidade.

Verifica-se que na etapa de fabricação dos calçados são gerados resíduos. Considerando o volume dos resíduos, o setor calçadista contrata a empresa AVE para que a mesma proceda o descarte ecologicamente correto. Na sequência, a empresa realiza a coleta da matéria-prima, executa a triagem do material coletado, verificando o que pode ser reciclado, logo transforma esta matéria-prima em um material sustentável. Com este material são fabricadas embalagens sustentáveis, sob a supervisão de um designer de embalagem. Para esta transformação são também utilizados materiais das cooperativas de catadores, como sacolas plásticas e, garrafas e óleo de cozinha dos restaurantes. É importante destacar que a embalagem sustentável proposta retorna para o setor calçadista para ser utilizada pelas empresas como envase de sapatos.

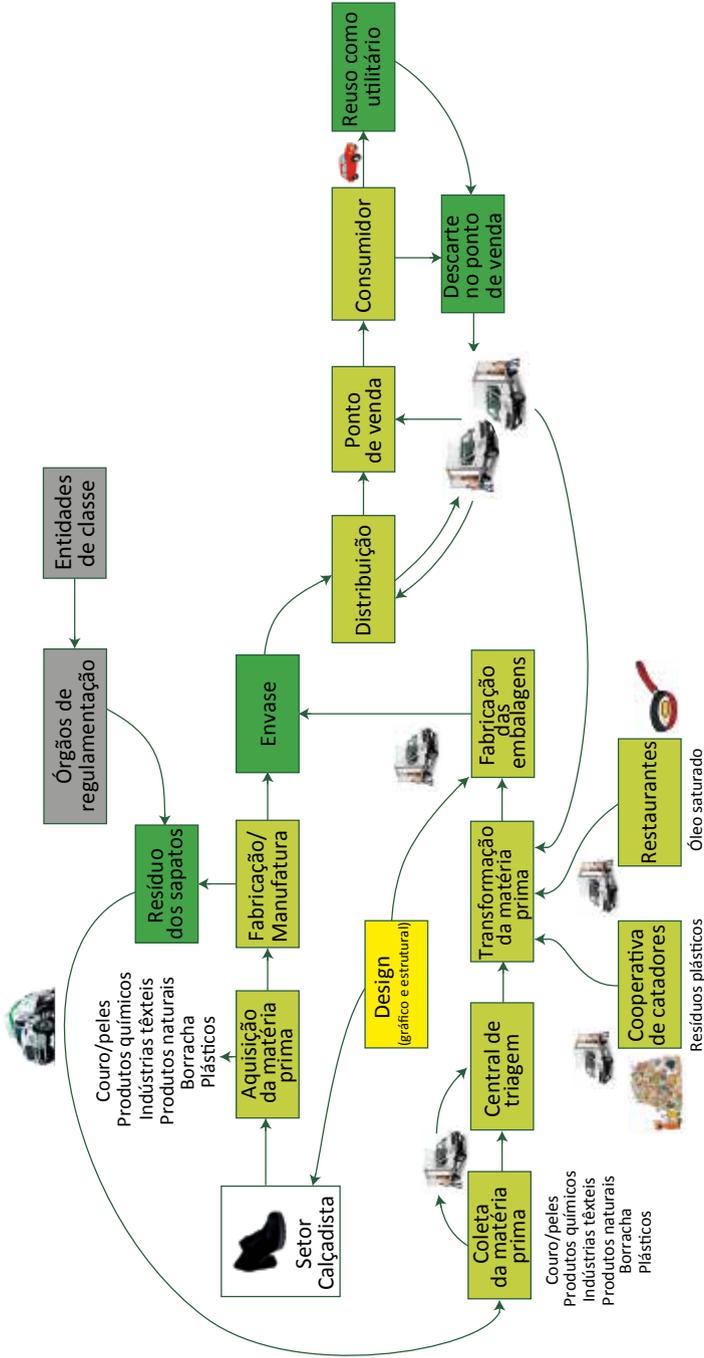


Figura 12 - Cadeia e Ciclo de vida da embalagem sustentável no setor calçadista

#### 4.1.4 Identificar os *stakeholders* internos, externos e críticos

Nesta etapa foram identificados todos os envolvidos associados ao ciclo de vida da embalagem sustentável do setor calçadista. Para tanto realizou-se um mapeamento dos *stakeholders* internos e externos, com participação direta ou indireta no processo. Esta análise contribui para identificar os *stakeholders* críticos fundamentais para alcançar os objetivos definidos no modelo de negócio. Neste caso, os *stakeholders* internos e diretos são os gestores, os diretores, a equipe de pesquisadores do projeto, o designer de embalagem e os engenheiros ambientais da Empresa AVE. A equipe executora é a responsável pelo projeto, apontando soluções e ideias que possam contribuir para a melhoria dos processos em produtos e serviços. O profissional de *design* tem um papel relevante no processo de diferenciação de produtos e serviços nas empresas que buscam a inovação e competitividade. Ele contribui na elaboração de soluções criativas, no uso de materiais inovadores e novas tecnologias para atender às expectativas do público alvo.

As Cooperativas de Catadores, os restaurantes e os fornecedores de aditivos químicos foram considerados como *stakeholders* externos e diretos, pois fornecem insumos para fabricação da matéria-prima. No mapeamento dos *stakeholders* externos e indiretos foi listada a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), responsável pelas normas brasileiras no setor calçadista; o governo e a Prefeitura, que atuam na elaboração de políticas públicas com incentivos para melhorar as condições de competitividade do setor; o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela Lei nº6.938/81; e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), que é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental do estado do Rio Grande do Sul. A Associação Brasileira da indústria de calçados (ABICALÇADOS), que representa a indústria calçadista nacional, foi considerada como *stakeholder* externo e indireto, conforme Quadro 8.

| Stakeholders | Direto   | Indireto   |
|--------------|--|--|
| Externo      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cooperativas de Catadores</li> <li>- Fornecedores de aditivos</li> <li>- Restaurantes</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumidor final</li> <li>- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT</li> <li>- Associação Brasileira da indústria de calçados (ABICALÇADOS)</li> <li>- Governo, Prefeitura</li> <li>- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)</li> <li>- Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)</li> <li>- Fundação Estadual de Proteção Animal (FEPAM)</li> </ul> |
| Interno      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestores</li> <li>- Diretores</li> <li>- Equipe de pesquisadores do projeto</li> <li>- Designer de embalagem</li> <li>- Engenheiros ambientais</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Setores de coleta e beneficiamento de resíduos sólidos</li> </ul>   |

Quadro 8 - Classificação dos stakeholders

Para analisar quais são os *stakeholders* críticos, utilizou-se a ferramenta *Functional Resonance Analysis Method* (FRAM) com a finalidade de identificar os envolvidos no processo que agregam valor ao negócio, assim como conhecer as inter-relações existentes entre eles (Figura 13). Este método pode ser utilizado tanto para investigação de acidentes complexos quanto para identificar riscos em sistemas dinâmicos (Hollnagel e Goteman, 2004). Por meio desta ferramenta, é possível identificar os *stakeholders* críticos inseridos nos hexágonos pelo número de interações, isto é, quanto mais linhas de chegada e linhas de saídas maior o grau de criticidade.

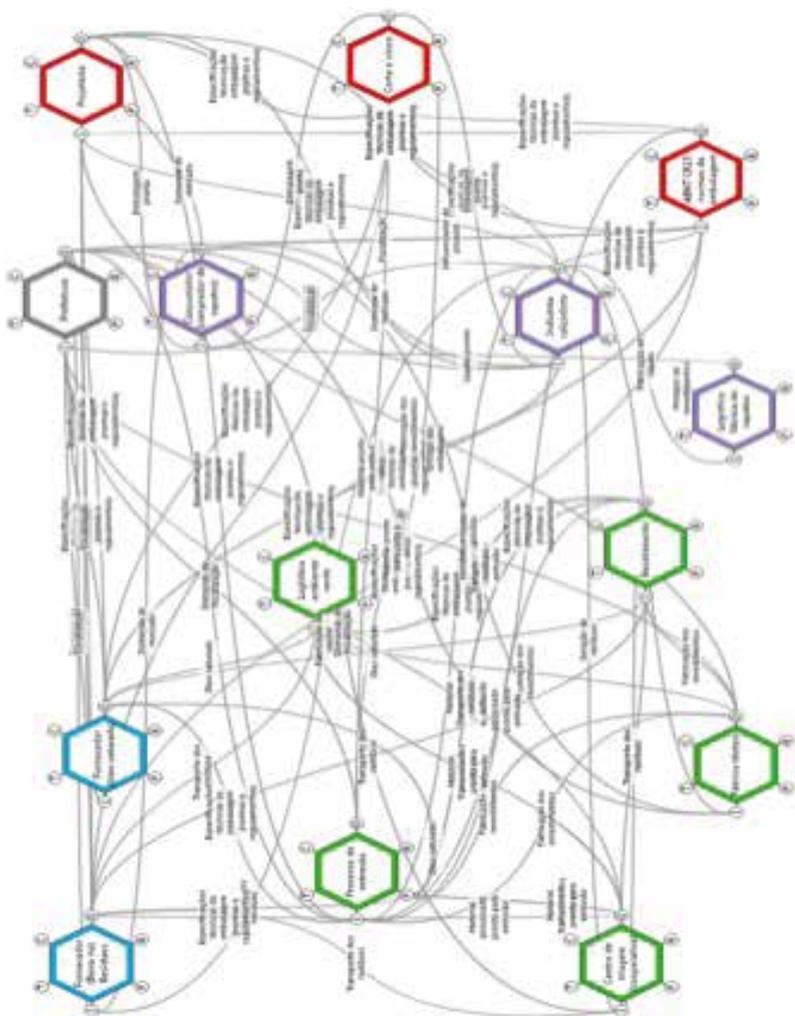


Figura 13 - Stakeholders críticos e seus relacionamentos

A base para uma investigação de acidentes e para uma análise de riscos utilizando o FRAM é delinear as funções fundamentais para dado cenário ou atividade (Hollnagel e Goteman, 2004).

O FRAM utiliza seis aspectos para identificar as funções, cada letra colocada em uma das pontas do hexágono corresponde:

(I) Entradas: requisitos para a ativação da função. Entradas constituem-se de ligações com outras funções que serão utilizadas para a produção das saídas.

(O) Saídas: é o produto de uma função. A saída de uma função pode constituir a entrada de uma função subsequente.

(R) Recursos: são aspectos necessários para a função processar a Entrada.

(C) Controles: servem para supervisionar ou restringir a função, de forma que ela seja ajustada em caso de desvios. Controles podem ser funções ativas ou procedimentos, planos e orientações.

(P) Pré-condições: condições prévias necessárias, mas não suficientes, para ativação da função. São etapas ou condições que devem ser atendidas antes que a função possa processar a entrada.

(T) Tempo: é um recurso específico, presente em todo tipo de processo. Pode atuar como uma restrição, caso haja uma janela de tempo que deve ser atendida para operação da função.

Os *stakeholders* críticos identificados na Figura 13 foram:

Fornecedores das fábricas de calçado e dos resíduos plásticos;  
Responsáveis pelo recebimento dos resíduos;  
Responsáveis pelo processo de extrusão;

Projetista;  
Responsáveis pela Logística na fábrica de sapatos;  
Indústria Calçadista;  
Loja de calçados.

É importante destacar que são muitos os agentes que participam do desenvolvimento e entrega da oferta PSS, sejam eles clientes, fornecedores, governo e sociedade, redes de apoio, empresas de serviços, de manufatura, de logística e de meio ambiente. O PSS resulta das atividades realizadas pelos *stakeholders*, como por exemplo os clientes que antes adquiriam produtos agora passam a adquirir serviços e soluções. Para as fábricas e prestadoras de serviços, adotar uma estratégia PSS implica em assumir maior responsabilidade pelo ciclo de vida do produto. A relação com o cliente, uma vez que este participa da fase inicial do projeto, neste caso para a elaboração do produto. O fornecedor em vez de oferecer apenas um produto passa a oferecer uma solução mais completa aos clientes, melhorando a sua competitividade, diferenciando-se no mercado, promovendo sustentabilidade e a redução de custos na operação.

#### 4.1.5 Definir a proposição de valor

Uma vez mapeados os *stakeholders* críticos, é possível identificar suas respectivas percepções de valor. Para esta atividade foi realizado um *workshop* pela equipe de desenvolvimento com alguns representantes da indústria calçadista. O objetivo desta fase é mapear as necessidades dos envolvidos. A ferramenta utilizada foi o *Value Proposition Canvas* (VPC) que representa a proposta de valor, Figura 14.



O *Value Proposition Canvas* (Figura 14) foi dividido em duas partes: à direita, há um mapa de empatia no qual se questiona as necessidades do ponto de vista do cliente (atividades, dificuldades e ganhos esperados). Enquanto, à esquerda, há o mapa de valor com os benefícios criados; soluções para as dificuldades e produtos e serviços, analisados do ponto de vista do empreendedor. A proposta de valor ocorre a partir do alinhamento entre ambas as partes, ou seja, quando é possível associar o problema dos resíduos gerados pela indústria calçadista em direção a uma solução. Neste caso, a solução seria, além da fabricação de embalagem, a gestão de todo o processo de transformação dos resíduos.

Alguns ganhos esperados pelo setor com a solução do problema apresentado são: aproveitamento de resíduos, melhoria na imagem da empresa, descarte correto e sem custo na remoção dos resíduos. Dentre as dificuldades e necessidades neste segmento citam-se coleta dos resíduos nas células, seja no coletor (local próprio para o descarte) ou no chão da fábrica; triagem de resíduos e sua armazenagem, evitar o desperdício de material, contratação de uma empresa terceirizada para a coleta do resíduo, evitar multas ambientais, dentre outras.

Em relação aos benefícios criados que podem ser mencionados com a solução do problema destacam-se: a eliminação do custo do aterro sanitário utilizado para o descarte de resíduos, o desenvolvimento de produtos a partir dos resíduos gerados, a utilização e divulgação de um produto reciclável e reciclado, além do compartilhamento de responsabilidade dos resíduos. Dentre as soluções para as dificuldades são apresentadas: reaproveitamento dos resíduos, solução para diminuir o desperdício de material, a utilização de uma consultoria jurídico-ambiental. Ainda, a criação de uma embalagem sustentável, funcional, resistente, com custo baixo, impermeável e de fácil montagem para acondicionar os sapatos da indústria calçadista.

#### 4.1.6 Pivotar o modelo de negócios

O VPC é uma ferramenta útil para testar as premissas e hipóteses descritas no *Lean Canvas*. Os resultados do *workshop* levaram a empresa a pivotar o modelo de negócios. Com isso o foco inicial na embalagem expandiu-se para a gestão dos resíduos como atividades que agregam valor. A solução para este exemplo continua sendo classificada como um PSS orientado ao uso, conforme classificação inicial no item 4.1.2. Porém, a solução que agregaria valor à indústria calçadista incluiria outros serviços não contemplados inicialmente no modelo de negócios definido pela empresa AVE.

### 4.2 Engenharia de requisitos

A fase de engenharia de requisitos parte da identificação dos requisitos de alto nível, considerados nas fases anteriores do modelo de negócios e no termo de abertura do projeto. Com base no entendimento de quem são os *stakeholders* críticos, estes devem ter suas necessidades ouvidas, seja por meio de *workshops* utilizando a ferramenta VPC ou entrevistas ou observação. As fases propostas seguem o modelo de engenharia de Requisitos elaborado por Kotonya & Sommerville (2005).

Complementarmente à realização de *workshops*, outras fontes primárias e secundárias de requisitos foram pesquisadas. Tais como: usuários, fornecedores, governo e técnicos. Também poderiam ser consultadas fontes como artigos e livros, normas e leis, assistência técnica, concorrência e especialistas.

#### 4.2.1 Elicitar requisitos

Para a elicitação dos requisitos foi realizada uma pesquisa qualitativa que teve por objetivo identificar as necessidades dos demais *stakeholders* críticos. Como exemplo, apresenta-se um roteiro utilizado para o Designer de embalagem.

### Roteiro da pesquisa qualitativa:

- 1) Quais são os aspectos, características consideradas no projeto para atender os requisitos de sustentabilidade?
- 2) Quais características são importantes para atender ao ciclo de vida da embalagem?
- 3) Quais características contribuem para a logística reversa da embalagem?
- 4) Quais características ou propriedades garantem a sustentabilidade da matéria-prima da embalagem?
- 5) Quais as etapas projetuais que você costuma percorrer em um projeto de embalagem?
- 6) Quais características os projetistas devem incorporar no projeto para assegurar a sustentabilidade?

Os principais resultados obtidos da entrevista estão consolidados a seguir:

1) Sustentabilidade: há uma preocupação crescente com a sustentabilidade nos projetos de embalagens seja ela por parte dos clientes ou do designer (projetista) no nascimento de um projeto.

2) Ciclo de vida da embalagem: a grande parte dos projetos que são solicitados aos designers são apenas de caráter visual ou design gráfico, que não envolvem substratos, frascos e recipientes. Essa parte do trabalho geralmente é gerenciada pelo cliente no setor de suprimentos ou em outros setores.

3) Logística reversa da embalagem: quando há a oportunidade de interferir nesses aspectos da embalagem, procura-se oferecer opções de materiais mais sustentáveis ou de reduzir o uso e também pensar na reciclagem.

4) Matéria-prima: os materiais reciclados apresentam um alto custo e difícil aplicabilidade. Por exemplo, um frasco feito com detalhe em fibra de bambu acaba cedendo espaço para outros substratos mais econômicos, mas nem por isso deixa-se de propor.

5) Etapas do projeto: o projeto inicia verificando-se tudo o que o cliente necessita como produto final. A partir desta conversa o projeto é concebido e apresentado ao cliente para confirmar se está de acordo com as suas expectativas.

6) Responsabilidade do projetista: a inovação pode vir de diferentes fontes, mas é papel do designer mostrar oportunidades e novos caminhos para os clientes.

#### 4.2.2 Categorizar os requisitos

Esta etapa caracteriza-se por organizar os requisitos em hierarquias, por meio de desdobramentos dos requisitos de alta ordem. Entende-se por requisitos de alta ordem as dimensões que conjuntamente atendem a qualidade do produto a ser desenvolvido.

No **Quadro 9** são apresentados os requisitos de alta ordem (níveis primários e secundários neste exemplo), desdobrados em níveis terciários sob a ótica do cliente. Para isso utilizou-se a técnica de **Árvore da Qualidade Demandada** (Akao, 1990; Ribeiro et al, 2001) .

| Requisitos   |                                    |  |  |
|--|------------------------------------|--|--|
| Primários  | Secundários                        | Terciários   |  |
| Serviço  | Gestão de Resíduos                 | Contratação de uma empresa para coleta dos resíduos gerados  |  |
|  |                                    | Contratação de uma empresa que auxilie na redução de resíduos gerados  |  |
|  |                                    | Contratação de uma empresa que divulgue o uso de produtos recicláveis e reciclados associada à imagem da empresa |  |
|  |                                    | Contratação de uma empresa que desenvolva novos produtos a partir dos resíduos gerados                           |  |
|  |                                    | Contratação de uma empresa fornecedora de embalagens   |  |
|  | Logística interna e externa        | Confiabilidade na coleta e separação dos resíduos internos   |  |
|  |                                    | Confiabilidade no transporte e destinação final dos resíduos externos  |  |
|  |                                    | Redução do espaço físico da fábrica para armazenamento de resíduos   |  |
|  |                                    | Flexibilidade na frequência da coleta de resíduos  |  |
|  | Regulatórios da gestão de resíduos | Informação atualizada e periódica da legislação e regulamentos   |  |
|  |                                    | Consultoria jurídico-ambiental   |  |
|  |                                    | Orientação sobre a responsabilidade no descarte dos resíduos   |  |
|  |                                    | Auxílio na formalização da política ambiental da empresa   |  |
|  |                                    |  | Auxílio no preenchimento de documentos obrigatórios                    |
|  | Produto                            | Processo de reciclagem   | Maximização no aproveitamento do resíduo gerado a partir da reciclagem |
| Simplificação das etapas e o tempo do processo de reciclagem         |                                    |  |  |
| Capacitação para garantir a separação correta na coleta dos resíduos |                                    |  |  |
| Manutenção das propriedades desejadas da embalagem                   |                                    |  |  |
| Melhoria no aproveitamento da matéria-prima                          |                                    |  |  |
| Usabilidade da embalagem   |                                    | Impermeável ou que absorva pouca umidade   |  |
|  |                                    | Manutenção da integridade física do produto  |  |
|  |                                    | Facilidade na colocação do sapato na embalagem (envase)  |  |
|  |                                    | Resistente ao empilhamento   |  |
|  |                                    | Facilidade de montagem   |  |
|  |                                    | O espaço da embalagem no transporte e armazenagem deve ser otimizado   |  |

Quadro 9 - Organização dos requisitos: categorização e desdobramentos

O **Quadro 10** apresenta os requisitos organizados e categorizados, seguindo uma estrutura hierárquica. Destaca-se que o nível primário de requisitos não é apresentado na tabela, pois correspondem às perguntas da pesquisa qualitativa. Enquanto os níveis secundário e terciários apresentam o detalhamento dos requisitos demandados. Assim, após verificar os resultados da pesquisa qualitativa, as dimensões consideradas importantes para garantir a qualidade da oferta podem ser categorizadas em aspectos do serviço, os quais compreendem requisitos secundários referentes à gestão de resíduos, logística interna e externa e regulatórios da gestão de resíduos. Em cada uma das dimensões apresentadas (serviços, logística e regulatórios), São apresentados os requisitos terciários (de baixa ordem) que evidenciam os desdobramentos importantes que devem ser considerados em cada nível primário e secundário.

Na dimensão Produto, os requisitos secundários apontados foram processo de reciclagem e usabilidade da embalagem, e relacionados a estes foram apresentados os requisitos terciários de cada dimensão.

#### 4.2.3 Priorizar os requisitos dos clientes

Para priorização dos requisitos dos clientes, foi realizada uma pesquisa quantitativa visando identificar a importância de cada requisito terciário para o atendimento ao nível secundário ao qual está relacionado. O público-alvo da pesquisa quantitativa foram todos os envolvidos direta ou indiretamente no setor calçadista, empresários, designers, cooperativas, totalizando 28 respondentes. Salienta-se que foi realizado um pré-teste do instrumento de pesquisa (questionário) antes da sua aplicação definitiva para verificar a necessidade de alguma alteração. Observou-se que o número de respondentes corresponde a um estudo piloto, para aplicação teste do artefato. Para a obtenção de resultados mais conclusivos, um plano de amostragem deve ser elaborado.

A escala utilizada no questionário deveria ser uma escala Likert que vai do 1= pouco importante ao 10 = muito importante. O instrumento foi subdividido em 5 blocos conforme o **Quadro 10**,

que representam as categorias de requisitos do nível secundário ao terciário. Para cada categoria, foram avaliadas as importâncias dos níveis terciários.

Para apresentação dos resultados foi elaborada a Árvore da Qualidade Demandada, com os pesos atribuídos pelos respondentes sobre os requisitos de segundo e terceiro nível. Com os pesos atribuídos foi realizado o cálculo da média geométrica dos requisitos terciários avaliados. A média geométrica foi utilizada para comparar e classificar as cinco dimensões pesquisadas.

O **Quadro 10** apresenta os seguintes resultados: cálculo da média geométrica de cada requisito avaliado pelos respondentes; o Peso, em porcentagem (%), que apresenta a representatividade que cada requisito de nível terciário tem dentro de cada bloco (requisito de nível secundário); e o IDi (Índice da Demanda i) (%) que significa o peso do requisito terciário ponderado a partir da importância do requisito secundário relacionado.

Na análise das respostas, verificou-se que os requisitos secundários que tiveram as maiores médias foram a Usabilidade e Processo de reciclagem. No aspecto Gestão de resíduos, o requisito terciário melhor avaliado (com maior média), ou seja, o mais importante para o público alvo foi a contratação de uma empresa para coleta e destinação adequada dos resíduos (média=9,18). Já no requisito Usabilidade da embalagem, os requisitos terciários que obtiveram maior média foram a otimização do espaço ocupado pela embalagem no transporte e na armazenagem, (média=8,88) e a embalagem deve contribuir para manter a integridade física do produto (média=8,78) (**Quadro 10**).

Na última questão do instrumento de pesquisa os respondentes deveriam avaliar as categorias ou requisitos secundários em um ranking de importância. Neste caso, a estatística resumo é a soma dos inversos. Os resultados apontaram que para a maioria dos respondentes a usabilidade da embalagem é a mais importante, ficando a Regulamentação da gestão de resíduos como requisito com menor peso, apresentando pouca importância para os respondentes. Na sequência foram normalizados os pesos do nível secundário em unidades percentuais. O percentual de cada nível terciário

é ponderado pelo percentual do nível secundário com o qual se relaciona. Com isso, percebe-se que o requisito de nível secundário que apresenta maior peso percentual é a usabilidade da embalagem (29,37%). Isto significa que esta dimensão é a mais importante na percepção de valor da oferta de acordo com os respondentes.

| Requisitos secundários             | Peso  | %     | Requisitos terciários  | Média | Peso % | IDI  |
|------------------------------------|-------|-------|--|-------|--------|------|
| Gestão de Resíduos                 | 5,28  | 19,32 | Contratação de uma empresa para coleta dos resíduos gerados  | 9,18  | 22     | 4,34 |
|                                    |       |       | Contratação de uma empresa que auxilie na redução de resíduos gerados  | 8,19  | 20     | 3,87 |
|                                    |       |       | Contratação de uma empresa que divulgue o uso de produtos recicláveis e reciclados associada à imagem da empresa | 8,25  | 20     | 3,90 |
|                                    |       |       | Contratação de uma empresa que desenvolva novos produtos a partir dos resíduos gerados                           | 8,35  | 20     | 3,95 |
|                                    |       |       | Contratação de uma empresa fornecedora de embalagens   | 6,88  | 17     | 3,25 |
| Logística interna e externa        | 4,37  | 15,97 | Confiabilidade na coleta e separação dos resíduos internos   | 8,19  | 25     | 3,94 |
|                                    |       |       | Confiabilidade no transporte e destinação final dos resíduos externos  | 8,70  | 26     | 4,19 |
|                                    |       |       | Redução do espaço físico da fábrica para armazenamento de resíduos   | 7,97  | 24     | 3,84 |
|                                    |       |       | Flexibilidade na frequência da coleta de resíduos  | 8,28  | 25     | 3,99 |
| Regulatórios da gestão de resíduos | 3,97  | 14,50 | Informação atualizada e periódica da legislação e regulamentos   | 8,39  | 21     | 3,07 |
|                                    |       |       | Consultoria jurídico-ambiental   | 6,79  | 17     | 2,48 |
|                                    |       |       | Orientação sobre a responsabilidade no descarte dos resíduos   | 8,52  | 21     | 3,11 |
|                                    |       |       | Auxílio na formalização da política ambiental da empresa   | 7,79  | 20     | 2,84 |
|                                    |       |       | Auxílio no preenchimento de documentos obrigatórios  | 8,21  | 21     | 3,00 |
| Processo de reciclagem             | 5,70  | 20,84 | Maximização no aproveitamento do resíduo gerado a partir da reciclagem   | 8,32  | 20     | 4,17 |
|                                    |       |       | Simplificação das etapas e o tempo do processo de reciclagem   | 7,98  | 19     | 4,00 |
|                                    |       |       | Capacitação para garantir a separação correta na coleta dos resíduos   | 8,56  | 21     | 4,29 |
|                                    |       |       | Manutenção das propriedades desejadas da embalagem   | 8,21  | 20     | 4,11 |
|                                    |       |       | Melhoria no aproveitamento da matéria-prima  | 8,54  | 21     | 4,28 |
| Usabilidade da embalagem           | 8,03  | 29,37 | Impermeável ou que absorva pouca umidade   | 7,92  | 16     | 4,61 |
|                                    |       |       | Manutenção da integridade física do produto  | 8,78  | 17     | 5,11 |
|                                    |       |       | Facilidade na colocação do sapato na embalagem (envase)  | 8,17  | 16     | 4,75 |
|                                    |       |       | Resistente ao empilhamento   | 8,35  | 17     | 4,86 |
|                                    |       |       | Facilidade de montagem   | 8,39  | 17     | 4,89 |
|                                    |       |       | O espaço da embalagem no transporte e armazenagem deve ser otimizado   | 8,88  | 18     | 5,16 |
|                                    | 27,35 | 100   |  |       |        |      |

Quadro 10 - Priorização de requisitos do público-alvo

É importante esclarecer que esses resultados apresentam a o ponto de vista de um dos principais *stakeholders* da solução (indústria calçadista), mas outras pesquisas são necessárias para avaliar a importância dos requisitos do ponto de vista de outros *stakeholders*.

#### 4.2.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações

No **Quadro 11** são apresentados os requisitos técnicos e especificações desdobrados dos requisitos terciários. Este documento é encaminhado para aprovação e ciência dos gestores para homologação ou qualquer alteração necessária.

O **Quadro 11** que representam os requisitos terciários priorizados para o PSS, resultantes das pesquisas qualitativas e quantitativas realizadas, seus desdobramentos, requisitos técnicos e especificações. As informações contidas mostram os requisitos que evidenciam as necessidades e valores dos clientes. Os requisitos dos clientes, quando transformados em especificações técnicas para o projeto do PSS, impactarão diretamente no processo produtivo. A inclusão de diversos elementos para o PSS permitirá um resultado de melhoria e sustentabilidade na combinação de produto e serviço para a empresa em estudo.

As métricas expressam os requisitos do cliente em requisitos técnicos os quais, preferencialmente, devem ser mensuráveis e passíveis de medição. Eles representam indicadores para alcançar as demandas de qualidade dos clientes. Enquanto que as especificações servem para avaliar o atendimento dos requisitos. Elas são parâmetros que podem ser comparados com normas ou metas gerenciais nas quais o produto precisa se enquadrar. Estas métricas e especificações foram definidas junto aos gestores da empresa AVE.

| Requisitos do PSS                        | Requisitos dos clientes   | Requisitos técnicos (métricas e indicadores)  | Especificações                                    |
|--|---|---|---|
| Gestão de Resíduos                       | Contratação de uma empresa para: coleta e destinação adequada dos resíduos;   | Tempo de experiência da empresa contratada  | > 5 anos  |
|  | Auxílio na redução de resíduos gerados; auxílio na divulgação do uso de produtos recicláveis e reciclados;                            |   |   |
|  | Auxílio no desenvolvimento de novos produtos a partir dos resíduos gerados, e que forneça embalagens.                                 |   |   |
| Logística interna e externa dos resíduos | Confiabilidade na coleta e separação dos resíduos internos, no transporte e destinação final dos resíduos externos;                   | Percentual de material destinado para aterro/material reaproveitado                         | < 5%  |
|  | Redução do espaço físico da fábrica para armazenamento de resíduos;   | Pontualidade na coleta dos resíduos   | Máximo 30 minutos de atraso                       |
|  | Flexibilidade na frequência da coleta de resíduos.  |   |   |
| Processo de reciclagem                   | Maximização do aproveitamento do resíduo gerado a partir da reciclagem; Simplificação das etapas e o tempo do processo de reciclagem; | Percentual de pessoal treinado para a separação e avaliação de conhecimentos sobre a coleta | > 90%   |
|  | Manutenção das propriedades desejadas da embalagem.   | Percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação em software             | Mínimo 95% uso material                           |
| Usabilidade da embalagem                 | O espaço ocupado pela embalagem no transporte e na armazenagem deve ser otimizado   | Otimização de espaço (m3)   | Ocupar pelo menos 90% da metragem cúbica          |
|  | Deve contribuir para manter integridade física do produto   | Resistência a compressão (gramatura/espessura)  | > 300 gramas por m2 ou 1mm de espessura           |
|  | Deve ser fácil de montar  | Tempo de montagem dos vincos da caixa de sapatos  | < 30 segundos                                     |
|  | Deve ser resistente ao empilhamento   | Resistência a compressão de coluna (kgf.cm)   | Resistência mínima (kgf.cm) (NBR 6737)            |
|  | A colocação do sapato na embalagem (envase) deve ser fácil  | Percentual de área livre na abertura horizontal da embalagem                                | Entre 5 e 10% superior ao tamanho do maior sapato |
|  | A embalagem deve ser impermeável ou que absorva pouca umidade   | Percentual de absorção de líquidos  | > 5%  |

Quadro 11 - Requisitos técnicos e especificações

#### 4.2.5 Priorizar os requisitos técnicos

Nesta etapa foi construída a Matriz da Qualidade baseada no QFD com a finalidade de relacionar os requisitos dos clientes do PSS com requisitos técnicos priorizados e especificações (Quadro 12).

| Requisitos do cliente do PSS  | Requisitos técnicos                  |  |   |   |   |                                     |   |   |   |   | IDI  |
|---|--------------------------------------|--|---|---|---|-------------------------------------|---|---|---|---|------|
|   | Optimização de espaço (metro cúbico) | Resistência a compressão (gramatura/espessura) | Tempo de montagem dos vincos da caixa de sapato | Resistência a compressão de coluna (kgf/cm) | Resistência de área livre na abertura horizontal da embalagem | Resistência de absorção de líquidos | Baixa diferença entre o valor médio da expectativa e da entrega | Percentual de pessoal treinado para a separação e avaliação de conhecimentos sobre a coleta | Percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação de software | Percentual de material destinado para aterro/material reaproveitado |      |
| (*) os requisitos técnicos e especificações deveriam obedecer os procedimentos e padrões da empresa em relação a seleção e contratação de fornecedores. |                                      |  |   |   |   |                                     |   |   |   |   |      |
| O espaço ocupado pela embalagem no transporte e armazenagem deve ser otimizado  | 9                                    | 3  |   |   | 1   |                                     |   |   |   |   | 5,16 |
| A embalagem deve contribuir para manter integridade física do produto   | 3                                    | 9  |   | 9   | 3   | 9                                   |   |   |   |   | 5,11 |
| A embalagem deve ser fácil de montar  | 3                                    | 3  | 9   | 1   | 9   | 1                                   |   |   |   |   | 4,89 |
| A embalagem deve ser resistente ao empilhamento   | 3                                    | 9  |   | 9   | 3   | 9                                   |   |   |   |   | 4,86 |
| A colocação do sapato na embalagem (envase) deve ser fácil  | 1                                    | 1  | 9   | 1   | 9   | 1                                   |   |   |   |   | 4,75 |
| A embalagem deve ser impermeável ou que absorva pouca umidade   | 1                                    | 1  | 1   | 3   | 9   | 9                                   |   |   |   |   | 4,61 |
| Contratação de uma empresa para coleta e destinação adequada dos resíduos   |                                      |  |   |   |   |                                     | 9   |   |   | 9   | 4,34 |
| Capacitação e treinamento para garantir a separação correta na coleta dos resíduos  |                                      |  |   |   |   |                                     |   | 9   |   |   | 4,29 |
| Melhor aproveitamento de matéria-prima para fabricação da embalagem   | 1                                    | 3  |   |   |   |                                     |   |   | 9   |   | 4,28 |
| Confiabilidade no transporte e destinação final dos resíduos externos   | 1                                    |  |   |   |   |                                     | 9   |   |   | 9   | 4,19 |
| IQJ   | 10,9                                 | 14,2   | 9,10  | 11,3  | 16,3  | 14,1                                | 7,7   | 3,9   | 3,8   | 7,7   |      |
| Dificuldade de atuação  | 1,5                                  | 2,0  | 1,5   | 2,0   | 2,0   | 1,5                                 | 1,5   | 1,0   | 1,0   | 1,0   |      |
| Análise competitiva   | 1,0                                  | 1,0  | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0                                 | 1,0   | 0,5   | 0,5   | 0,5   |      |
| IQJ*  | 13,33                                | 20,08  | 11,19   | 16,00                                       | 23,09   | 17,25                               | 9,41  | 2,73  | 2,72  | 5,43  |      |

Quadro 12 - Matriz da qualidade

Na Matriz de Qualidade, baseada no QFD, é indicado o tipo de relação que o requisito técnico tem com o requisito do cliente. A questão chave para nortear o preenchimento é: se a métrica na coluna "j" estiver no seu nível de excelência, o quanto irá contribuir para o atendimento ao requisito do cliente na linha "i". Para medir a relação, utilizou-se uma escala de três níveis 1 = relação fraca; 3 = relação moderada; e 9 = relação forte.

No **Quadro 12**, percebe-se que os requisitos dos clientes apresentam para alguns requisitos técnicos (métricas/indicadores) uma relação forte, como a facilidade na montagem da embalagem está relacionada fortemente ao percentual de área livre na abertura horizontal da embalagem ( $IQ_j=9$ ). Isto ocorre porque a área livre na abertura horizontal facilita a montagem da embalagem, ou seja, se não houver um percentual mínimo de área livre na abertura horizontal (tamanho mínimo da tampa com 28cm comprimento x 12cm largura), a embalagem poderá apresentar alguma dificuldade na montagem, podendo ultrapassar o tempo de montagem especificado (máximo 30 segundos). Por outro lado, o requisito do cliente, de que a embalagem deve ser impermeável ou que absorva pouca umidade, apresenta uma relação fraca com o requisito técnico referente ao tempo de montagem dos vincos da embalagem do sapato ( $IQ_j=1$ ). Isto acontece pois o fato da embalagem ser impermeável (com certo percentual de absorção de líquidos) terá pouca interferência no tempo de montagem, cuja especificação é no máximo 30 segundos.

O  $IQ_j^*$  representa a importância dos requisitos técnicos, levando em conta as relações que os requisitos técnicos mantêm com os requisitos dos clientes e também a importância relativa dos requisitos dos clientes. Para facilitar a leitura, os valores de  $IQ_j$  foram divididos por 10. A equação utilizada foi a  $IQ_j^* = IQ_j \times \nu_{Dj} \times \nu_{Cj}$ .

A dificuldade de atuação sobre os requisitos técnicos ( $D_j$ ) avalia a complexidade de alterar as especificações dos requisitos técnicos. Para tal avaliação foi utilizada a escala onde 0,5 = Muito difícil; 1,0 = Difícil; 1,5 = Moderado; e 2,0 = Fácil. Estas escalas são baseadas em Ribeiro et al. (2001). No **Quadro 12**, verifica-se que as especificações que apresentam maior complexidade

para serem alteradas são: percentual de pessoal treinado para a separação e coleta de resíduos; percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação em *software* e percentual do material destinado para aterro/material reaproveitado.

A análise competitiva dos requisitos técnicos (Bj) baseia-se em um *benchmark* técnico, isto é, a solução de oferta do produto da organização é confrontado com a concorrência, considerando todos requisitos técnicos. A escala utilizada para avaliação foi 0,5 = Acima da concorrência; 1,0 = Similar à concorrência; 1,5 = Abaixo da concorrência, e 2,0 = Muito abaixo da concorrência. Percebe-se no Quadro 12 que as especificações Percentual de pessoal treinado para a separação e coleta de resíduos, Percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação em software e Percentual do material destinado para aterro/material reaproveitado, alcançaram um escore acima da concorrência de acordo com a equipe de desenvolvimento do projeto.

O IQj\* utiliza a medida da dificuldade de atuação e avaliação competitiva como fator de correção na ponderação do IQj (importância do requisito técnico).

#### 4.2.6 Identificar relações *trade-off* entre requisitos técnicos

Nesta fase foi realizada a integração da oferta (requisitos produtos / serviços), a partir do Telhado da Matriz de Qualidade do QFD, Quadro 13. Esta fase tem por finalidade identificar a relação entre os requisitos técnicos, isto é, visa verificar a existência de relações entre os mesmos, podem ser positivas (+) ou negativas (-).

| Requisitos técnicos do PSS  | 0 | - | - | - | + | + | 0 | + | + |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Percentual de área livre na abertura horizontal da embalagem                                | 0 | - | - | - | + |   |   |   |   |
| Resistência a compressão (gramatura/espessura)  | 0 |   |   | + | - | + |   |   |   |
| Percentual de absorção de líquidos  |   |   | 0 | + |   | + |   |   |   |
| Resistência a compressão de coluna (kgf/cm)   |   |   |   | 0 |   | + |   |   |   |
| Otimização de espaço (metro cúbico)   |   |   |   |   | 0 |   |   |   |   |
| Tempo de montagem dos vincos da caixa de sapato   |   |   |   |   |   | 0 |   |   | + |
| Baixa diferença entre o valor médio da expectativa e da entrega                             |   |   |   |   |   |   | 0 | + | + |
| Percentual de material destinado para aterro/material reaproveitado                         |   |   |   |   |   |   |   | 0 | + |
| Percentual de pessoal treinado para a separação e avaliação de conhecimentos sobre a coleta |   |   |   |   |   |   |   |   | 0 |
| Percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação de software             |   |   |   |   |   |   |   |   | 0 |

Quadro 13 - Relações de interdependências entre os requisitos técnicos

A relação positiva indica que um requisito, quando se aproxima do seu valor ótimo de especificação, favorece que o outro requisito alcance seu valor ótimo. A relação negativa evidencia que um requisito, quando se aproxima do ótimo especificado, pode prejudicar o atendimento de outro requisito em direção ao seu valor ótimo especificado. Após a verificação da relação ou interdependência dentre os requisitos técnicos, foram listadas as diretrizes resultantes da análise de integração do Produto-Serviço.

Note que neste caso é importante analisar as relações negativas, as quais indicam o quanto o atendimento a um

determinado requisito técnico pode dificultar o atendimento de outro requisito técnico. Para este estudo, foram identificadas duas relações negativas (-):

- a) O percentual de área livre na abertura horizontal da caixa, com a resistência à compressão da caixa e da coluna especificamente. Estas características apresentaram uma associação negativa, ou seja, tornar a oferta com maior percentual de área livre prejudica a resistência à compressão;
- b) A resistência à compressão e o tempo de montagem dos vincos da caixa apresentam uma associação negativa, mostrando que quanto maior o tempo para montar a embalagem menor a resistência à compressão, maior probabilidade da embalagem tem problemas nos vincos (pouca pressão nas dobras).

As diretrizes para interdependência seriam: (a) atentar para o percentual necessário na abertura da caixa para não prejudicar a resistência da mesma como um todo, principalmente no que diz respeito à sustentação da coluna. Deve-se projetar a abertura de forma a impedir a entrada e a absorção de líquidos; (b) atentar para que a espessura não atrapalhe a montagem dos vincos da caixa.

#### 4.2.7 Publicar os requisitos

A publicação dos requisitos consiste em validar junto aos gestores a lista de requisitos organizada, categorizada e priorizada. Nesta fase, recomenda-se que os principais decisores tomem ciência e homologuem a lista de requisitos. A homologação pode ser via reunião com a assinatura dos principais envolvidos (em geral os *stakeholders* críticos) no documento de ciência.

### 4.3 Integração do sistema produto-serviço

Nesta fase, a equipe de desenvolvimento realizou uma análise crítica dos requisitos do produto/serviço e discutiu as alternativas de solução, considerando os *trade-offs* e as análises obtidas nas fases anteriores. Concomitantemente, planejaram-se os desdobramentos dos processos. A solução é o resultado da melhor combinação de atributos de produto e serviço, atento às demandas de sustentabilidade.

#### 4.3.1 Analisar as relações conflitantes entre produtos e serviço

Nesta etapa, a equipe faz a análise de quais serão as decisões de projeto e de planejamento da oferta que podem ser alteradas, perante o aprendizado do estudo das relações conflitantes trabalhadas nas etapas anteriores. Estudos de projeto de experimentos e simulações podem ajudar a deixar a oferta mais robusta, isto é, planejar o design considerando as relações conflitantes. Neste estudo de caso, as relações de conflito encontradas foram declaradas à equipe para ajustes e diretrizes no desenvolvimento do projeto.

#### 4.3.2 Desdobrar os processos

Para o desdobramento dos processos necessários para atender os requisitos técnicos, priorizadas na etapa anterior, foi realizado um desenho dos processos com a utilização da ferramenta *Product-Service Blueprint* para PSS (Figura 15).



O mapeamento de processos em PSS é dividido em três componentes que são área de uso do Produto, de Serviço e de Suporte. As três áreas estão interligadas entre si, representando os fluxos e relacionamentos das atividades do PSS. A análise do diagrama começa pela área de serviço, na qual acontecem os processos de interação entre os clientes (indústrias de calçados) e a AVE, no *front office*, para solicitação e aprovação da proposta e contrato de serviços, solicitação de serviços de consultoria ou orientações sobre aspectos ambientais e uso das embalagens e serviços de coleta dos resíduos.

Os processos do *back office* da área de serviço envolvem a pesquisa de potenciais clientes, a capacitação dos funcionários da AVE sobre aspectos ambientais e da indústria calçadista, a elaboração de propostas e das informações de orientação a triagem dos resíduos coletados. A análise continua na área do Suporte, que é dividida por uma linha de *design* que separa os processos de *design* e de fabricação da embalagem. Nesta área os resíduos coletados e separados conforme os tipos de materiais são transformados em embalagem para a indústria calçadista.

Após a entrega das embalagens produzidas pela AVE aos fabricantes de calçados, iniciam-se os processos da área do uso do Produto. Esta área está dividida por uma linha de uso que inclui a área de uso (fluxo das atividades relacionadas aos clientes) e de gestão (fluxo de gestão do uso do produto, que está abaixo da linha de visibilidade). Na área de gestão do uso do produto, as indústrias recebem e organizam as embalagens no estoque. Após, as embalagens são levadas à linha de produção para colocar os calçados produzidos, para proteção e facilidade de manuseio dos calçados. Os calçados embalados são encaminhados para distribuição e venda nas lojas parceiras das indústrias de calçados.

Na fase de comercialização do calçado, as lojas são responsáveis pela retirada da embalagem que retorna para a fábrica para triagem e posterior uso na linha de produção ou para reciclagem nas instalações da AVE. Além disso, destacam-se na [Figura 15](#) os diversos atores envolvidos na solução (indústria calçadista, a empresa AVE e lojas de calçados), os pontos de integração entre produtos

e serviços, os pontos de sustentabilidade da oferta (triagem dos resíduos e das embalagens, transformação dos resíduos em embalagem) e pontos de valor econômico.

#### 4.3.3 Identificar os processos críticos

A matriz do processo foi elaborada com o objetivo de desdobrar as etapas do processo de execução e entrega (Quadro 14). Ela busca apresentar os processos que estão relacionados com as características técnicas da qualidade, que são os requisitos técnicos priorizados, identificando os processos críticos para a qualidade da solução.

Para preenchimento da matriz, relacionando os requisitos técnicos com as etapas dos processos mapeados no *Product Service Blueprint*, foi utilizada a mesma escala da Matriz de Qualidade, isto é, a relação entre as etapas do processo com os requisitos técnicos priorizados é forte = 9; se for uma relação média = 3 e se for uma relação fraca = 1.

A direita do Quadro 14 realizaram-se os cálculos das seguintes escalas de medidas:  $IP_i$  é a medida que define a importância de cada processo para obtenção das características técnicas;  $F_i$  representa a dificuldade de implantação de melhoria nos processos, onde a nota 0,5=muito difícil, 1,0=difícil, 1,5=moderada e 2,0=fácil;  $T_i$  é tempo de implantação de melhoria no processo, sendo a nota 0,5=muito grande, 1,0=grande, 1,5=moderado, 2,0=pequeno; e  $IP_i^*$  corresponde à priorização dos processos, que é mensurada a partir do produto da relevância do processo ( $IP_i$ ), dificuldade ( $F_i$ ) e tempo ( $T_i$ ) de implementação de melhorias. Note que estes indicadores são baseados em Ribeiro et al. (2001).

Para apresentar a priorização do processo foram selecionadas as dez etapas que apresentaram o maior valor de  $IP_i^*$ .

| Desdobramentos das etapas do processo de execução e entrega | Requisitos técnicos priorizados                              |  |                                    |   |                                     |   |   |   |   |   | IPI  | FI  | TI  | IPI*  |
|---|--|--|------------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|---|---|---|------|-----|-----|-------|
|   | Percentual de área livre na abertura horizontal da embalagem | Resistência a compressão (granatura/espessura) | Percentual de absorção de líquidos | Resistência a compressão de coluna (kgf/cm) | Otimização de espaço (metro cúbico) | Tempo de montagem dos vincos da caixa de sapato | Baixa diferença entre o valor médio da expectativa e da entrega | Percentual de material destinado para aterro/material reaproveitado | Percentual de pessoal treinado para a separação e avaliação de conhecimentos sobre a coleta | Percentual de utilização de modelos de aproveitamento por simulação de software |      |     |     |       |
| Etapas do processo (IQ*)                                    | 13,3   | 20,0   | 11,1                               | 16,0  | 23,0                                | 17,2  | 9,4   | 2,7   | 2,7   | 5,4   |      |     |     |       |
| Proposta comercial  | 3  | 9  | 9                                  | 9   | 9                                   | 3   | 1   | 9   | 1   | 1   | 76,7 | 1,5 | 1,5 | 115,0 |
| Consultoria ambiental                                       | 1  | 1  | 3                                  | 1   | 1                                   | 1   | 9   | 9   | 9   | 3   | 27,3 | 2,0 | 1,0 | 38,6  |
| Consultoria em embalagem                                    | 9  | 9  | 9                                  | 9   | 9                                   | 9   | 1   | 9   | 1   | 1   | 95,0 | 1,5 | 1,5 | 142,5 |
| Coleta de resíduos  | 1  | 1  | 3                                  | 1   | 1                                   | 1   | 9   | 9   | 9   | 1   | 24,0 | 1,0 | 1,0 | 24,0  |
| Triagem dos materiais                                       | 1  | 3  | 9                                  | 9   | 1                                   | 1   | 3   | 9   | 9   | 1   | 27,8 | 1,0 | 1,5 | 34,0  |
| Extrusão  | 1  | 9  | 1                                  | 1   | 1                                   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 43,2 | 2,0 | 2,0 | 86,4  |
| Produção de embalagem                                       | 3  | 9  | 3                                  | 3   | 3                                   | 9   | 1   | 9   | 3   | 3   | 74,8 | 2,0 | 2,0 | 149,6 |
| Colocação do sapato na embalagem (envase)                   | 9  | 3  | 9                                  | 9   | 1                                   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 30,0 | 1,5 | 2,0 | 51,9  |
| Distribuição dos produtos para as redes de lojas            | 1  | 9  | 1                                  | 3   | 9                                   | 1   | 9   | 1   | 1   | 1   | 75,9 | 1,0 | 1,0 | 75,9  |
| Retorno da embalagem para fábrica                           | 1  | 9  | 9                                  | 9   | 9                                   | 3   | 9   | 3   | 9   | 1   | 82,1 | 1,0 | 1,5 | 100,5 |

Quadro 14 - Matriz de desdobramento das etapas do processo

Analisando o Quadro 15, observa-se que as etapas do processo que devem ser priorizadas são a Produção da embalagem (IPI\*=149,6) e a Consultoria em embalagem (IPI\*=142,5) que impactam fortemente os requisitos técnicos críticos. A equação utilizada foi:  $IPI^* = IPI \times \sqrt{FI} \times \sqrt{TI}$ .

## 4.4 Descrição da solução do sistema produto-serviço

Nesta etapa do método proposto, os resultados do *Product Service Blueprint*, Matriz de processos e requisitos priorizados são utilizados para descrever a solução Sistema Produto-Serviço sustentável obtida com a utilização da ferramenta *System Maps*.

### 4.4.1 Desenhar e Descrever o conceito do PSS

Para a integração dos requisitos da oferta, apresenta-se a concepção do PSS como proposta de solução integrada (Figura 16). Note que a integração produto e serviço é realizada a partir dos resultados obtidos na priorização de requisitos do cliente, requisitos técnicos e de processo e do diagrama dos processos realizado com a ferramenta *Product-Service Blueprint*. Desta forma, a descrição da nova oferta PSS é representada a partir do desenho do conceito por meio da ferramenta *System Maps*.



Analisando a *Figura 16*, que detalha o conceito do PSS pelo *System Maps*, observam-se os diferentes atores envolvidos (AVE, indústria calçadista, loja, centro de distribuição), suas relações e os fluxos de materiais, informação e dinheiro conforme a seguinte descrição. A atividade inicial consiste na contratação da empresa AVE (empresa prestadora de serviços) pela indústria calçadista para a retirada do resíduo sólido gerado pelo corte da matéria-prima durante a fabricação de calçados. É importante destacar que esta empresa é especializada na coleta de resíduos e que também realiza o recolhimento de resíduos domésticos (exemplo: sacolas plásticas) e óleo saturado (proveniente de restaurantes). Após a coleta do resíduo, a empresa AVE produz as embalagens “Ambiplast” para calçados usando os resíduos e outros insumos. As embalagens são entregues à indústria calçadista, que fará uso delas para acondicionar os calçados produzidos. Na sequência, a indústria calçadista, por meio dos seus distribuidores, faz a entrega dos produtos (sapato dentro da embalagem sustentável) nas lojas da sua rede de vendas. As lojas devolvem as embalagens vazias à indústria calçadista por meio do seu operador logístico após comercializarem os sapatos. Por fim, é realizada a triagem dessas embalagens para verificar se pode voltar à linha de produção ou ao centro de triagem e reciclagem da AVE, desta forma o ciclo se inicia novamente.

A descrição da solução gerada pode ser definida como um PSS orientado ao uso baseado na gestão de resíduos e consultoria ambiental e de embalagens produzidas a partir dos resíduos calçadistas, incluindo serviços de logística, consultoria, triagem, dentre outros. O principal cliente é a indústria calçadista que pagaria pela solução a partir de contrato de serviços.

#### 4.4.2 Validar conceito e requisitos integrados com os *stakeholders*

Para validar o conceito e requisitos integrados, foram convidados algum dos *stakeholders* da cadeia (Diretor da AVE e Designers) para um *workshop* junto com os pesquisadores deste estudo, avaliando suas visões e se a oferta PSS teria uma boa aceitação no mercado.

## 4.5 Considerações finais e questões para discussão

A principal contribuição deste trabalho diz respeito à aplicação do método R-PSS para o projeto de uma solução baseada em PSS sustentável, que permita reaproveitar resíduos da indústria calçadista e gerar valor para os diversos stakeholders envolvidos. O Sistema Produto-Serviço proposto neste estudo de caso consiste na gestão de resíduos da indústria calçadista e produção de embalagens para embase dos calçados, a partir do reaproveitamento desses resíduos. Além do fornecimento da embalagem produzida, a solução inclui serviços logísticos, de triagem e consultoria sobre legislação ambiental.

Como sugestão para trabalhos futuros, observa-se a necessidade de dar continuidade à consolidação e validação do artefato R-PSS a partir da aplicação em outros contextos e inclusão de outras etapas do processo de desenvolvimento de soluções PSS sustentáveis. Como o campo de pesquisa está iniciando, seria interessante confrontar com outras metodologias de identificação de requisitos de clientes a fim de comparar os resultados obtidos neste estudo. Como limitação do estudo, foi identificada a necessidade de ser ampliada a pesquisa qualitativa e quantitativa, a fim de compreender melhor o contexto e as percepções de outros *stakeholders* críticos. A limitação das fontes de requisitos e priorização pode distorcer a análise de requisitos críticos, uma vez que toda a cadeia deve ser entrevistada. Naturalmente, se apenas indústrias calçadistas forem priorizar, o resultado será a visão das indústrias. É necessário portanto, considerar todos os *stakeholders*, pois eles são elos importantes na concepção e entrada no mercado desta nova oferta. Sustentabilidade e inovação são conceitos dependentes das relações dos atores em cadeia. Se um elo falhar, o todo falha.

Em relação ao caso apresentado, responda as seguintes questões:

- 1) Como replicar este estudo de caso para um PSS orientado ao produto.
- 2) Como este processo contribui para que os designers de embalagens possam desenhar um projeto de embalagem sustentável?
- 3) Discuta como reutilizar os resíduos industriais para desenvolver produtos em seu ciclo de vida para outros segmentos de mercado?



## 5. MÉTODO DE ENGENHARIA DE REQUISITOS PARA PSS SUSTENTÁVEL (R-PSS)



Esta seção apresenta o método R-PSS resultante do aprendizado ocorrido na aplicação do artefato inicial nos casos e discussão entre os autores deste livro. O método R-PSS proposto é ilustrado na Figura 17.

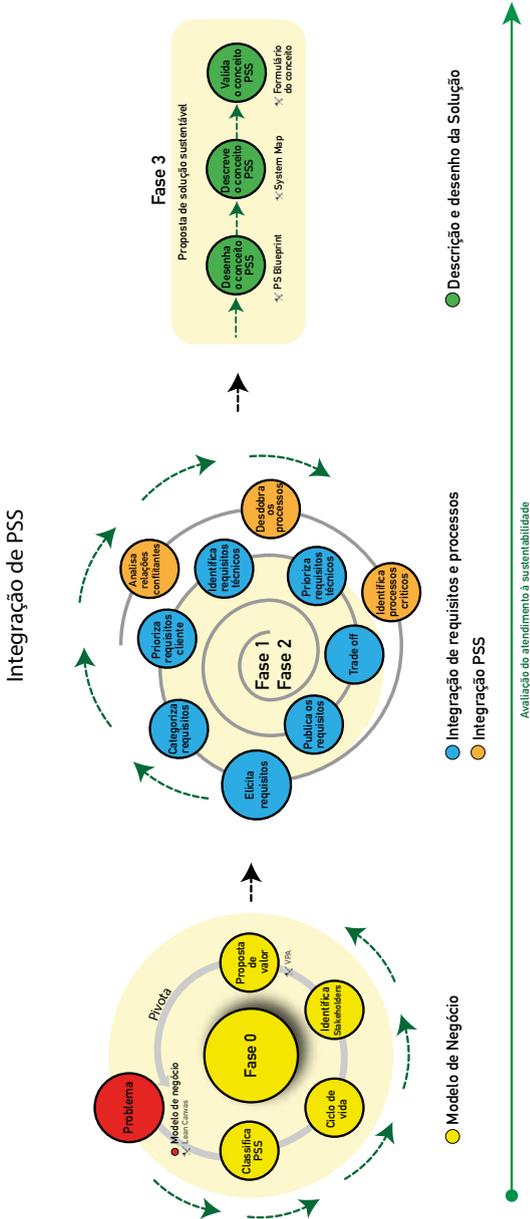


Figura 17 - Método R-PSS proposto

## 5.1 Descrição das etapas do Método (R-PSS)

O método R-PSS é constituído de quatro fases, apresentadas no **Quadro 15**, onde estão descritos os objetivos das fases e ferramentas utilizadas na proposta.

| Objetivos  | Etapas   | Ferramentas utilizadas   |
|--|--|--|
| FASE 0 (F0):<br>Descrição do modelo de negócios              | 0.1 Definir o Plano do Modelo de Negócio<br>0.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço<br>0.3 Entender o ciclo de vida do produto e serviço<br>0.4 Identificar os stakeholders críticos<br>0.5 Definir a Proposição de valor<br>0.6 Pivotar o Modelo de negócio   | - Termo de Abertura (Project Charter)<br>- Formulário de Proposta de Pesquisa<br>- Mapa de Stakeholders<br>- FRAM<br>- Lean Canvas<br>- Value Proposition Canvas (VPC)             |
| FASE 1 (F1):<br>Engenharia de requisitos (ciclo do conceito) | 1.1 Elicitar requisitos<br>1.2 Categorizar os requisitos<br>1.3 Priorizar os requisitos dos clientes<br>1.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações<br>1.5 Priorizar os requisitos técnicos<br>1.6 Identificar relações trade-off entre requisitos técnicos<br>1.7 Publicar os Requisitos | - Pesquisa Qualitativa<br>- Pesquisa Quantitativa<br>- Árvore da Qualidade Demandada<br>- Matriz da Qualidade - QFD<br>- Gráfico de Pareto<br>- Tabela de publicação de requisitos |
| FASE 2 (F2):<br>Integração do sistema produto-serviço        | 2.1 Analisar as relações conflitantes entre produtos e serviço<br>2.2 Desdobrar os processos<br>2.3 Identificar os processos críticos  | - Matriz dos processos - QFD<br>- Product-Service Blueprint  |
| FASE 3 (F3):<br>Descrição do conceito PSS                    | 3.1 Desenhar o Conceito do PSS<br>3.2 Descrever o Conceito<br>3.3 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders   | - System Maps<br>- Descrição do Conceito   |

Quadro 15 - Etapas do método R-PSS

## FASE 0 - Descrição do modelo de negócio

### Fase 0.1 Definir o Plano do Modelo de Negócio

Nesta etapa, busca-se informação que contextualize o problema de pesquisa ou que aponte a lacuna de mercado ou negócio. Para isso, podem-se explorar publicações acadêmicas, o conhecimento de especialistas ou casos extremos de sucesso e insucesso. Recomenda-se o preenchimento do Termo de Abertura (*Project Charter*). Este documento registra o problema de pesquisa, os objetivos propostos, a justificativa e o escopo do projeto, as oportunidades do negócio, a equipe executora e os resultados esperados no estudo. Também são identificados os patrocinadores e o público-alvo do projeto. Os patrocinadores representam as principais entidades beneficiadas pela informação do projeto, aqueles que encomendaram a pesquisa. Podem ser por exemplo o governo, uma empresa, a universidade ou uma instituição específica.

Para definição do novo modelo de negócio da empresa, sugere-se a ferramenta *Lean Canvas* (Blank, 2013; Ries, 2011). Na definição do modelo de negócios é identificado o público-alvo, o diferencial para esse público-alvo, canais de distribuição, parceiros, dentre outros itens que auxiliam na identificação de oportunidades para desenvolvimento de uma solução de maior valor para o cliente e para o negócio. Por meio dessa ferramenta a equipe executora pode estruturar e compartilhar as ideias do projeto.

### Fase 0.2 Classificar o Sistema Produto-Serviço

Com base na definição do modelo de negócios da empresa, na etapa anterior, pode ser classificada a solução em relação à tipologia de PSS proposta por Tukker (2004). Assim, identifica-se se a solução pode ser um PSS orientado ao produto, ao uso ou ao resultado. Caso o modelo de negócios considerar a venda de um produto como oferta principal acompanhado de serviços, o PSS será orientado ao produto. Caso o modelo de negócios envolver a combinação de produtos e serviços em uma oferta integrada, sem

transferência de propriedade desses produtos para o consumidor, a oferta terá características de PSS orientado ao uso. Finalmente, se o modelo de negócio compreender a entrega de uma solução integrada de produtos e serviços que melhor atenda às necessidades do cliente, poderá ser considerado um modelo de negócios para entrega de PSS orientado ao resultado.

### Fase 0.3 Entender o Ciclo de vida do produto e serviço

Entendidos o tipo de PSS e modelo de negócio, parte-se para a análise do ciclo de vida do produto/serviço. O ciclo de vida de um produto corresponde a sua trajetória, ou seja, os estágios pelos quais o produto passa desde seu planejamento até o encerramento do suporte de pós-vendas e descontinuidade (Rozenfeld et al, 2006; Ives; Learmonth, 1984; Ayanso, Lertwachara, 2015). O ciclo de vida do serviço envolve, por sua vez, os estágios de serviço ao cliente desde a identificação da necessidade dos clientes, procura, aquisição, uso e descarte de produtos (Learmonth, 1984; Ayanso; Kaveepan, 2015).

Em relação ao Sistema Produto-Serviço (PSS), a análise e extensão do ciclo de vida do produto durante o uso e no final da sua vida útil constituem os principais objetivos dessa solução, principalmente quando se trata de um PSS sustentável (Amaya et al., 2014). Nesta fase, pode ser realizada uma análise do ciclo de vida da oferta PSS conforme o modelo de negócios definido. A abordagem do *Life-Cycle Analysis* (LCA) para PSS, proposta por (Amaya et al., 2014) durante o processo de desenvolvimento, pode auxiliar nesta fase para comparar os impactos ambientais da nova oferta em relação a vários cenários de ofertas alternativas de PSS. Isso facilitará a tomada de decisões durante a fase de projeto, porque os parâmetros do ciclo de vida são identificados e vinculados às características de projeto do PSS.

#### Fase 0.4 Identificar os *stakeholders* críticos

Nesta etapa é feita a identificação dos *stakeholders* críticos (internos e externos) que participam direta e indiretamente no processo. Para reconhecer os *stakeholders*, sugere-se a ferramenta Mapa de *Stakeholders*, com o auxílio da técnica *Functional Resonance Analysis Method* (FRAM). Serve para modelar sistemas complexos, buscando identificar todas as pessoas envolvidas no problema e entender como elas se relacionam (maior número de ligações).

Outra ferramenta indicada para a identificação dos *stakeholders* críticos e suas relações é a Análise de Cadeia de Valor do Cliente (do inglês, *Customer Value Chain Analysis* - CVCA). A ferramenta permite às equipes de desenvolvimento, na fase de definição do produto, identificar de forma abrangente as partes interessadas pertinentes, as relações entre eles e o papel no ciclo de vida do produto (Donaldson et al., 2006).

#### Fase 0.5 Definir a Proposição de Valor

Após o levantamento de dados exploratório junto aos *stakeholders*, recomenda-se o uso do Value Proposition Canvas (VPC) para definir a proposta de valor (o quê) e o segmento de clientes (para quem) Osterwalder et al (2014). O VPC contém nove campos principais e a avaliação é realizada em duas subetapas. A primeira subetapa é realizada junto aos clientes ou usuários da oferta PSS para levantamento das atividades, dores e ganhos esperados pelos mesmos. Na segunda subetapa devem ser considerados como *stakeholders* a empresa ou empresas envolvidas na entrega dessa oferta, para definição da proposta de valor que melhor atende às necessidades dos clientes (soluções para as dores, benefícios criados e produtos e serviços).

#### Fase 0.6 Pivotar o Modelo de negócio

Feita a definição da proposta de valor, ajusta-se o modelo de negócios após a identificação das demandas dos *stakeholders* críticos

(Ide et al. 2015). Nesta etapa, a equipe executora do projeto precisa rever e adequar o modelo de negócios definido na primeira etapa desta fase a partir dos resultados no VPC. As principais áreas do modelo de negócios que devem ser revisadas são a proposição de valor e a confirmação do segmento-alvo.

## **FASE 1 - Engenharia de requisitos**

Esta fase contempla o primeiro ciclo de desdobramento de requisitos, da ideia até o conceito, ressaltando que este processo se repete ao longo do ciclo de vida.

### Fase 1.1 Elicitar requisitos

Nesta etapa, devem ser detalhados os requisitos dos *stakeholders* críticos ao longo do ciclo de vida do produto e serviço, com base na proposta de valor identificada na fase anterior. Sugere-se coletar dados junto aos *stakeholders* críticos por meio da aplicação de questionários e entrevistas semiestruturadas. As perguntas devem ser direcionadas de forma que as respostas sejam necessidades/características/atributos esperados no produto ou serviço a ser desenvolvido. A principal função do questionário aberto é obter informações que possam auxiliar na elaboração da árvore da qualidade demandada e, conseqüentemente, na elaboração do questionário quantitativo (Ribeiro et al. 2001).

As demandas e necessidades coletadas na pesquisa qualitativa, por meio de entrevistas semiestruturadas e análise da proposição de valor (VPC), são transladadas em requisitos de produtos e serviços. Isto pode ser realizado durante reuniões da equipe executora, por meio de documentos, normas técnicas.

Nesta etapa de elicitação de requisitos a equipe deve procurar antecipar o máximo possível as características que devem ser registradas e controladas durante todo ciclo de vida do produto/serviço.

## Fase 1.2 Categorizar os Requisitos

A seguir os itens demandados pelos *stakeholders* críticos são organizados em níveis hierárquicos, que podem contemplar os níveis primário, secundário e terciário, constituindo a Árvore da Qualidade Demandada. Geralmente os itens do nível primário correspondem às respostas na pesquisa durante a fase qualitativa, enquanto que os itens dos níveis secundário e terciário são desdobrados pela análise dessas respostas. Deve-se cuidar que os requisitos expressem qualidades positivas e que o número de requisitos secundários seja aproximadamente o mesmo número em todos os grupos de requisitos primários (também denominados de requisitos de alto nível). Os requisitos de nível primário podem representar dimensões da qualidade do produto e serviço. Os autores Sharma; Kumar (2016) sugerem que, de acordo com o tipo de PSS que for classificado o modelo de negócios, as dimensões devem focar mais no produto (no PSS orientado ao produto) ou no serviço (no PSS orientado ao resultado).

## Fase 1.3 Priorizar os requisitos dos clientes

A partir da árvore da qualidade demandada (estrutura hierárquica realizada na fase anterior) elaboram-se as perguntas para a pesquisa quantitativa. O objetivo da pesquisa quantitativa é identificar qual a importância que o cliente atribui a cada item do nível primário (alto nível) e dentro de cada item do nível secundário. Assim, o questionário quantitativo deve avaliar a importância atribuída aos desdobramentos secundários de requisitos dos produtos e serviços da oferta PSS.

A priorização desses requisitos pode ser feita utilizando uma escala de importância ou de múltipla escolha. Por tratar-se de uma escala ordinal, a medida resumo recomendada é a média geométrica ou a mediana. Os pesos resultantes são normalizados numa escala de 0 a 100 ou de 1 a 10 para facilitar comparações e cálculos das fases seguintes. Esta lógica é a utilizada na abordagem do Desdobramento da Qualidade Demandada, do inglês, *Quality Function Deployment* (QFD) (Ribeiro et al. 2001; Karlsson et al. 1998). Para

representar os resultados, recomenda-se o gráfico de Pareto destacando o principal resultado desta fase, os requisitos do PSS priorizados.

#### Fase 1.4 Identificar os requisitos técnicos e as especificações

Nesta etapa, sugere-se identificar requisitos técnicos ou métricas associadas aos requisitos dos clientes, que costumam ser aspectos subjetivos. Por outro lado, as métricas podem ser usadas para traduzir as demandas do cliente em requisitos técnicos, mensuráveis e objetivos.

As métricas devem ser definidas por uma equipe multifuncional, cujos constituintes tenham familiaridade com o produto, serviços e os processos de fabricação e entrega de serviços. Para cada requisito do PSS priorizado pelo cliente na etapa anterior, deve-se definir pelo menos um requisito técnico e sua especificação (Ribeiro et al. 2001).

#### Fase 1.5 Priorizar os requisitos Técnicos

Para priorizar os requisitos técnicos e entender a relação com os requisitos do cliente, utiliza-se a Matriz da Qualidade da abordagem do QFD de Karlsson et al. (1998). A matriz da qualidade é uma representação em forma de matriz das estruturas definidas para transcrever os requisitos do cliente em soluções tecnológicas, conforme An, Lee e Park (2008). A matriz associa os requisitos do cliente (linhas) e os requisitos técnicos (colunas).

Para o preenchimento da matriz deve-se propor a seguinte questão: se o requisito técnico estiver fora das especificações, com que grau irá impactar no requisito do cliente? Este impacto pode ser medido por meio da atribuição de um escore mostrando as relações entre ambos requisitos na Matriz de Qualidade. A escala utilizada segue a sugerida por Akao (1990), na qual representa uma relação fraca; 3 moderada e 9 forte.

Após a identificação da relação (relação Fraca (1); Moderada (2) e Forte (9)) entre requisitos do cliente e requisitos técnicos na matriz, é determinada a priorização dos requisitos técnicos,

considerando o grau de relacionamento entre requisitos (do cliente e técnicos) e também a importância relativa dos requisitos do cliente. O cálculo da importância dos requisitos técnicos pode ser visualizado em Ribeiro et al. (2001).

#### Fase 1.6 Identificar relações de *trade-off* entre os requisitos técnicos

Esta etapa tem por objetivo verificar a influência que um requisito técnico pode ter sobre os demais. Algumas vezes, o tratamento de um requisito técnico pode prejudicar ou facilitar o atendimento de um outro requisito técnico. Portanto, pode auxiliar na identificação e compreensão de objetivos conflitantes. Neste sentido, recomenda-se o preenchimento do telhado da Matriz Qualidade, analisando par a par os requisitos técnicos, verificando a eventual existência de relações de dependência entre eles. As relações podem ser positivas ou negativas, fortes ou fracas e podem ser representadas usando os seguintes símbolos: = (negativa forte); - (negativa fraca); + (positiva fraca) e, \* (positiva forte) (Ribeiro et al., 2001).

O Telhado da matriz de qualidade é essencial para a integração do processo, permitindo avaliar as relações entre o mercado, o produto e o serviço a ser considerados simultaneamente.

#### Fase 1.7 Publicar os Requisitos

A publicação de requisitos tem por finalidade a homologação de requisitos junto aos *stakeholders*, de forma a confirmar e comunicar a lista final de requisitos. Para publicação de requisitos pode ser elaborada uma Tabela de Publicação de Requisitos (Cheng et al., 2007), apresentando as seguintes informações: Requisitos demandados do PSS, Requisitos técnicos (métricas/indicadores) e Especificações.

## FASE 2 Integração do sistema produto - serviço

### Fase 2.1 Analisar relações conflitantes entre produto e serviço

Com base nas relações de *trade-off* da Matriz de Qualidade resultante da fase anterior, nesta etapa a equipe executora sugere diretrizes para solucionar as relações de conflito para o atingimento das especificações de qualidade do Sistema Produto-Serviço.

Os requisitos de desempenho conflitantes são sinalizados no “telhado” da matriz de qualidade. Após o preenchimento da Matriz de Qualidade, os principais resultados obtidos são apresentados aos gestores, acionistas ou interessados diretos, conforme decisão da empresa. A finalidade é apontar a interdependência entre os requisitos técnicos e a influência de cada um sobre os demais. A ênfase é nas relações que interagem de forma negativa ou inversa, pois representam relações de *trade-off*, nas quais o atingimento de um requisito mais próximo do valor meta pode prejudicar ou dificultar o atingimento de outro requisito. Estas relações devem ser mapeadas com cuidado, pois representam relações de conflito que devem procurar uma solução compensatória de forma mais sistêmica (Cheng et al., 2007).

### Fase 2.2 Desdobrar os Processos

Com base nos requisitos demandados e técnicos priorizados na fase anterior, se identifica os principais processos necessários para atendê-los em termos de: (a) Processos para fabricação do produto; e, (b) Processos para entrega de serviços. Para isso, são listadas todas as etapas constituintes dos processos de fabricação do produto e entrega de serviços a fim de assegurar que nenhum processo, ou etapa de processo, deixe de ser estudada. Para tanto, sugere-se o uso da ferramenta *Product Service Blueprint* no mapeamento e desenho dos processos do PSS, o qual consiste de um mapa que representa o sistema produto-serviço, dividindo o diagrama em três áreas (suporte, serviços e uso do produto), onde os produtos e serviços

são sistematicamente integrados para entregar sustentabilidade e valor para o cliente (Geum e Park, 2011).

### Fase 2.3 Identificar os Processos Críticos

O objetivo desta etapa é evidenciar os processos que estão associados com os requisitos técnicos priorizados. Para identificar o relacionamento entre os processos e os requisitos técnicos, utiliza-se a Matriz dos Processos da abordagem do QFD, realizando o cruzamento dos requisitos técnicos priorizados (coluna) com as etapas dos processos de execução dos produtos e entrega de serviços (linhas), desdobrados na etapa anterior. O estabelecimento das relações é realizado respondendo a seguinte questão: se o processo X for realizado perfeitamente, estará assegurado o atendimento das especificações para o requisito técnico Y?

A partir da identificação do relacionamento é possível priorizar os processos, seguindo o mesmo procedimento realizado na priorização dos requisitos técnicos (etapa F1.5) (Ribeiro et al. 2001; Karlsson et al., 1998). A avaliação do relacionamento permite identificar quais os processos estão mais fortemente relacionados com o atendimento dos requisitos técnicos e, por conseguinte, o atendimento dos requisitos priorizados pelo cliente. Os processos priorizados podem ser apresentados a partir de um gráfico de Pareto.

## **FASE 3: Descrição do conceito PSS**

### Fase 3.1 Desenhar o Conceito do PSS

Tendo definido os principais requisitos e os principais processos, a última ação é criar o conceito final da solução PSS. Com o objetivo de ter uma visão clara e completa dos requisitos do PSS, utiliza-se a ferramenta de desenho *System Maps* para desenhar o conceito de PSS. Com essa ferramenta pode-se facilmente identificar o papel e o grau de participação dos principais *stakeholders* no processo, deixando explícitas as atividades que os clientes percebem, com quem eles devem entrar em contato, destacando as áreas de interação

entre diferentes atores e como o dinheiro circula no modelo de negócios do PSS (Tischner e Vezzoli, 2017). A metodologia e templates para a elaboração do *System Map* do PSS podem ser visualizados no seguinte link: <http://www.lens.polimi.it>

### Fase 3.2 Descrever o Conceito do PSS

A descrição do conceito permite representar os elementos que definem o conceito do PSS de forma simplificada, indicando os principais itens de valor na solução, o fornecedor, os principais clientes, o tipo de PSS, os produtos fornecidos, serviços fornecidos, quem tem a propriedade e responsabilidade do produto e o que é pago. Para isso, sugere-se o preenchimento de uma descrição contendo como informações principais as seguintes: quem é o fornecedor do PSS; quem é o cliente; qual o tipo de PSS; quais os produtos; quais os serviços; quem tem a propriedade (responsabilidade) do produto; dentre outras (Tischner e Vezzoli, 2017).

### Fase 3.3 Validar conceito e requisitos integrados com os stakeholders

Após desenho e descrição do conceito PSS, a equipe executora apresenta os resultados obtidos nesta fase para os *stakeholders* críticos com o objetivo de validar os requisitos da nova oferta. Nesta fase, podem ser analisados junto aos *stakeholders* os aspectos de viabilidade econômica e potenciais impactos ambientais e sociais da nova oferta, antes de dar continuidade às seguintes fases do processo de desenvolvimento do PSS. Para isso, sugere-se o método de análise multicritério de Avaliação Sustentável do Ciclo de Vida, do inglês, *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) (De Lucca et al., 2018; Islam et al., 2015). Nesta etapa podem ser adaptados os templates de aceite dos *stakeholders* do *Project Management Body of Knowledge* (PMBok) e documento de gerenciamento de mudanças, como exemplos.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

**E**m um contexto de consumo e exploração acentuada dos recursos naturais, assim como processos produtivos que degradam e afetam demasiadamente o meio ambiente, soluções ou ferramentas que previnam tais efeitos indesejados são imperativas na busca pela sustentabilidade de longo prazo, não somente ambiental como financeira e, principalmente, social. Dessa forma, com a evolução de consumo e o aumento da população, novos processos ou modelos de negócio apresentam-se como alternativas na busca por um impacto ambiental menor. Buscando entregar meios para alcançar este objetivo, concebeu-se este livro para contribuir com a literatura sobre inovação, desenvolvimento de produtos, sistemas produto-serviço sustentáveis e engenharia de requisitos, visto que estudos geralmente abordam isoladamente estes temas, mas não a sua integração sob a perspectiva PSS. Os estudos de PSS evoluíram para se ajustar à sistematização do processo de inovação e criação de negócios para revolucionar os modos de consumo e produção, não perdendo de vista o seu propósito inicial de alcançar sustentabilidade.

**Este livro apresenta uma forma didática** e estruturada para a concepção de ofertas de sistema de produtos e serviços sustentáveis. Com base em teorias de engenharia de requisitos inovação e design de PSS, propôs-se um método que parte do entendimento das necessidades dos principais *stakeholders* estabelecendo um fluxo de informações em ofertas PSS, por meio de uma abordagem que integra produto-serviço numa solução unificada desde a definição do modelo de negócios. O método proposto foi baseado em teorias de engenharia de requisitos e PSS, buscando extrair ferramentas variadas em diferentes áreas de conhecimento para contribuir com os objetivos de cada fase do método. O escopo de aplicação do método refere-se às fases iniciais do processo de desenvolvimento de ofertas PSS: do modelo de negócios ao conceito. **Os pilares que nortearam o desenvolvimento do método proposto foram:** i) foco no valor de múltiplos *stakeholders*; ii) visão unificada do produto

-serviço desde as fases iniciais de definição do modelo de negócios; iii) uso de ferramentas de inovação, de design e de engenharia de requisitos; iv) envolvimento dos diferentes atores do ciclo de vida do PSS.

**O principal diferencial deste livro está relacionado aos seguintes aspectos:**

Integração de práticas e ferramentas de engenharia de requisitos ao processo de desenvolvimento de ofertas PSS;

Fornecimento de método de referência que pode ser reaplicado por desenvolvedores e acadêmicos com interesse no desenvolvimento de ofertas PSS sustentáveis;

O método proposto foi testado em casos reais para a concepção de duas ofertas PSS, uma orientada ao uso e outra híbrida, orientada ao uso e resultado.

Estudos de caso foram utilizados para testar o método R-PSS desenvolvido, denominado pelos autores de R-PSS (Requisitos no Sistema Produto-Serviço) uma vez que experiências reais promovem uma maior ambientação prática para uma teoria em desenvolvimento, assim como possibilitam refinamentos iterativos do método. Nesse sentido, **destacam-se aprendizados derivados dos casos estudados:**

O PSS do processo de inovação é orientado pela Voz do Consumidor; necessidade de envolver times multidisciplinares e conhecimentos em serviço-produto nas equipes de desenvolvimento de PSS;

Ter foco constante no valor e nas diferentes necessidades de cada *stakeholder*;

Entender a complexidade no processo de desenvolvimento de sistemas produtos serviços sustentáveis;

A necessidade de um método que aborde de forma sinérgica e integrada as etapas e ferramentas da engenharia de requisitos na inovação de PSS sustentável.

Os resultados derivados do método proposto e sua aplicação em dois casos demonstram que, além de demandarem esforços e investimentos, a integração de ferramentas no processo de inovação, engenharia de requisitos e *design* de sistemas produto-serviços sustentáveis permitem alcançar um melhor alinhamento entre as necessidades dos consumidores e *stakeholders*. Este alinhamento conduz a soluções mais sustentáveis e maior valor agregado para diversos *stakeholders*.

**Como implicações práticas**, entende-se que equipes de desenvolvimento de produtos, acadêmicos e gestores podem replicar o método gerado para guiar e auxiliar nas fases iniciais do processo de desenvolvimento de ofertas do tipo PSS. Uma das vantagens para os usuários do método é que está implícita a identificação de valor, geração e priorização de requisitos e a integração desses aspectos no PSS final. Conforme evidenciado nos estudos de caso, o método permite inovar a partir de soluções com foco no consumidor, soluções sustentáveis e que promovam vantagem competitiva aos *stakeholders*, diferenciais mandatórios no mercado atual.

Entende-se que a integração promovida pelo método proposto neste livro torna a sua aplicação intuitiva para equipes de projeto, seja em empresas nascentes (*startups*) ou maduras. A sequência proposta no método tende a gerar um fluxo contínuo de informações que se processam e se transformam ao longo da

geração da solução ou produto PSS. Os benefícios que o método oferece para as equipes de projeto incluem um procedimento sistemático e replicável, a possibilidade de documentação do processo de forma fácil, a possibilidade de rastreamento de informações ao longo do ciclo de vida do projeto PSS, e, portanto, a redução da sua subjetividade.

**Como implicações teóricas, os casos discutidos neste livro são exemplos reais que permitiram gerar novas questões de pesquisa:**

Como o método pode contribuir para reduzir as barreiras culturais dos *stakeholders* na adoção das ofertas PSS sustentáveis?

Como o método pode ser adaptado para atender tipologias emergentes de PSS que não foram abordadas neste estudo. Como novas combinações de produtos e serviços, cita-se o exemplo de serviços compartilhados?

Como PSSs sustentáveis podem ser utilizados para incentivar e motivar o consumo compartilhado?

Quais os benefícios percebidos pelos consumidores-alvo do PSS sustentável desenvolvido por meio da gestão de requisitos?

Como as tecnologias de informação e comunicação podem integrar tanto o desenvolvimento do PSS sustentável como o seu uso? E de que forma essas tecnologias possibilitam aspectos de sustentabilidade.

Quais barreiras e dificuldades são impostas pela integração do consumidor no desenvolvimento de um PSS e como elas podem ser superadas?

Por fim, sugerem-se as seguintes **perguntas para complementar a reflexão sobre os objetivos estudados neste livro** como forma de expandir os conhecimentos gerados e estimular o pensamento crítico sobre os assuntos aqui abordados.

Reflexão 1:

Quais os ganhos esperados com o desenvolvimento de sistemas produto-serviço sustentáveis e como tais ganhos são ampliados com a participação efetiva dos consumidores nesse processo de desenvolvimento inovador?

Reflexão 2:

Quais alterações podem ser realizadas nos produtos, ou PSSs atuais, para que eles entreguem mais sustentabilidade, tanto ambiental como social e financeira?

Reflexão 3:

Como a forma que consumimos atualmente pode se adaptar à crescente necessidade de um ciclo de vida mais longo por meio de sistemas produto-serviço?

Espera-se que ao final da leitura deste livro o leitor desenvolva uma maior visão crítica de como integrar a sustentabilidade nos processos e avaliar as consequências no produto final. Um fator destacado é a importância da visão do consumidor e dos principais *stakeholders* envolvidos na cadeia de inovação como forma de contribuir para um consumo mais limpo e responsável.



## Referências

ABICALÇADOS. Associação Brasileira das Indústrias de Calçados. Disponível em: <http://www.abicalcados.com.br/>. Acesso em 08 dez. 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ALEXANDER, P.; BROWN, C.; ARNETH, A.; FINNIGAN, J.; MORAN, D.; ROUNSEVELT, M.D.A. Losses, inefficiencies and waste in the global food system. **Agricultural systems** v.153, pp.190-200, 2012.

AKAO, Y., ed.: Quality function deployment: integrating customer requirements into product design, Trad. por Glenn H. Mazur, Cambridge, **Productivity Press**, p.306, 1990.

AKAO, Y.; MAZUR, G. H. The leading edge in QFD: past, present and future. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 20(1), 20-35, 2003.

AMAYA, J.; LELAH, A.; ZWOLINSKI, P. Design for intensified use in product–service systems using life-cycle analysis. **Journal of Engineering Design**, v. 25, n. 7-9, p. 280-302, 2014.

AN, Y.; LEE, S.; PARK, Y. Development of an integrated product-service roadmap with QFD: A case study on mobile communications, **International Journal of Service Industry Management**, Vol. 19 Issue: 5, pp.621-638, 2008.

AYANSO, A.; LERTWACHARA K. Analyzing customer service technologies for online retailing: a customer service life cycle approach. **Journal of Computer Information System**. v. 55, pp. 73–80, 2015.

BABILIS, S.J.; BELESSIOTIS, V.G. Influence of the drying conditions on drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer

drying of figs. **Journal of food Engineering**, v.65, n.3, pp.449-458, 2004.

BAINES, T. S., H. W. LIGHTFOOT, S. EVANS, A. NEELY, R. GREENOUGH, J. PEPPARD, R. ROY. "State-of-the-Art in Product-Service Systems". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: **Journal of Engineering Manufacture**. v. 221, n. 10, pp. 1543–1552, 2007.

BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J. M.; KRCCMAR, H. Requirements Engineering for Product Service Systems. **Business & Information Systems Engineering**, v. 3, n. 6, p. 369–380, 2011.

BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J.M.; HOFFMANN, A.; KRCCMAR, H. A requirements data model for product service systems. **Requirements Engineering**, v. 19, n. 2, p. 161-186, 2014.

BEUREN, F. H.; GOMES FERREIRA, M. G.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Product-service systems: A literature review on integrated products and services. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 222–231, 2013.

BLANK, S. Why the lean start-up changes everything. **Harvard business review**, v.91, n.5, pp.63-72, 2013.

CAFREY, K.R.; VEAL, M.W.; CHINN, M.S. The farm to biorefinery continuum: A techno-economic and LCA analysis of ethanol production from sweet sorghum juice. **Agricultural Systems**, v.130, pp.55-76, 2014.

CALLEGARO, A. M.; SCHWENGBER TEN CATEN, C.; TANURE, R.L.Z.; BUSS, A.S.; ECHEVESTE, M. E. S.; JUNG, C.F. Managing requirements for the development of a novel elbow rehabilitation device. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 113, p. 404-411, 2016.

CARREIRA, R.; PATRÍCIO, L.; JORGE, R.N.; NAGEE, C.L. Development of an extended Kansei engineering method to incorporate experience requirements in product–service system design. **Journal of Engineering Design**, v. 24, n. 10, p. 738-764, 2013.

CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. QFD: Desdobramento da Função Qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Dados Agropecuários. Porto Alegre, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 2018. Acompanhamento de Safra Brasileiro. v.5, n. 6, pp.1-129.

Disponível em:< [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18\\_03\\_13\\_14\\_15\\_33\\_grao\\_marco\\_2018.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf)>. Acesso em: 04 Julho 18.

DE LUCA, ANNA IRENE, GIACOMO FALCONE, TEODORA STILLITANO, NATHALIE IOFRIDA, ALFIO STRANO, GIOVANNI GULISANO. Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy, **Journal of Cleaner Production**, Volume 171, 2018, Pages 1187-1202,

DONALDSON, K. M.; ISHII, K.; SHEPPARD, S. D. Customer Value Chain Analysis. **Research in Engineering Design**. v. 6, p. 174–183, 2006.

DRESH, A.; LACERDA, D.; ANTUNES, J.A. Design Science Research: Método de pesquisa para avanço. **Bookman**, Porto Alegre, 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dados de desperdícios anuais. São Paulo, 2016.

FOLEY, J.A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K.A.; CASSIDY, E.S.; GERBER, J.S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N.D.; O'CONNELL, C.; RAY, D.K.; WEST, P.C.; BALZER, C.; BENNETT, E.M.; CARPENTER, S.R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTROM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D.P.M. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478: 337-342. <http://dx.doi.org/10.1038/nature10452>, 2011.

GEUM, Y.; PARK, Y. Designing the sustainable product-service integration: a product-service blueprint approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, pp. 1601-1614, 2011.

GAIARDELLI, P.; RESTA, B.; MARTINEZ, V.; PINTO, R.; ALBOREZ, P. A classification model for product-service offerings. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 507-519, 2014.

GOEDKOOP, M. J.; VAN HALEN, C. J. G.; TE RIELE, H. R. M.; ROMMENS, P. J. M. Product Service Systems: **Ecological and Economic Basics, Report for Dutch Ministries of Environment (VROM) and Economic Affairs (EZ)**, 1999.

GUSTAVSSON, J., CEDERBERG, C., SONESSON, U., van OTTERDIJK, R., MEYBECK, A. Global Food Losses and Food Waste— Extent, Causes and Prevention. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, Rome, Italy, 2011.

HEVNER, A.; SALVATORE, T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28 Nº 1, p. 75-105, 2004

HOLLNAGEL, Erik; GOTEMAN, Orjan. The functional resonance accident model. **Proceedings of cognitive system engineering in process plant**, v. 2004, p. 155-161, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 8 de dez. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em 10 de dez. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE Estatística da Produção Agrícola. Brasília, 2016.

IDE, M.; AMAGAI, Y.; AOYAMA, M.; KIKUSHIMA, Y. A lean design methodology for business models and its application to IoT business model development. In: Agile Conference. IEEE, 2015. p. 107-111.

ISLAM, SAMANTHA S.G. PONNAMBALAM, HON LOONG LAM. Review on life cycle inventory: methods, examples and applications, - **Journal of Cleaner Production**, Volume 136, Part B, 2016, Pages 266-278.

IVES, B; LEARMONTH, G. P. **The Information System as a Competitive Weapon. Communications of the ACM**, v. 27, n. 12, pp. 1193-1201, 1984.

INGVORSEN, C.H., LYNKJÆR, M.F., PELTONEN-SAINIO, P., MIKKELSEN, T.N., STOCKMARR, A., JØRGENSEN, R.B., 2018. How a 10-day heatwave impacts barley grain yield when superimposed onto future levels of temperature and CO<sub>2</sub> as single and combined factors. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 259, pp.45-52, 2018.

JONES, J.W., ANTLE, J.M., BASSO, B., BOOTE, K.J., CONANT, R.T., FOSTER, I., GODFRAY, H.C.J., HERRERO, M., HOWITT, R.E., JANSSEN, S., KEATING, B.A., MUNOZ-CARPENA, R., PORTER, C.H., ROSENZWEIG, C., WHEELER, T.R., 2016. Brief history of agricultural systems modeling. **Agricultural systems**, v. 155, pp.240-254.

JU, X.T., XING, G.X., CHEN, X.P., ZHANG, S.L., ZHANG, L.J., LIU, X.J., CUI, Z.J., YIN, B., CHRISTIEA, P., ZHU, Z.L., ZHANG, F.S., 2009. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A* 106:3041-3046. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0813417106>.

KARLSSON, J. Managing software requirements using quality function deployment. *Software Quality Journal* 6, 311–326 (1997).

KEARNEY, J. Food consumption trends and drivers. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, v. 365, n. 1554, pp. 2793–2807, 2010.

KOTONYA, Gerald; SOMMERVILLE, Ian. *Requirements engineering: processes and techniques*. **Wiley Publishing**, 1998.

LERMEN, F.H.; ECHEVESTE, M.E.; PERALTA, C.B.; SONEGO, M.; MARCON, A. A framework for selecting lean practices in sustainable product development: The case study of a Brazilian agroindustry. **Journal of Cleaner Production**, 191, 261–272, 2018.

LIMA, R.F., DIONELLO, R.G., PERALBA, M.C.R., BARRIONUEVO, S., RADUNZ, L.L., REICHERT JÚNIOR, F.W., 2017. PAHs in corn grains submitted to drying with firewood. **Food Chemistry**, v, 215, pp.165–170, 2017.

LIU, X.J.; ZHANG, Y.; HAN, W.X.; TANG, A.H.; SHEN, J.L.; CUI, Z.L.; VITOUSEK, P.; ERISMAN, J.W.; GOULDING, K.; CHRISTIE, P.; FANGMEIER, A.; ZHANG, F.S. Enhanced nitrogen deposition over China. **Nature** v. 494, pp.459–462, 2013.

McMICHAEL, A.J., POWLES, J.W., BUTLER, C.D., UAUY, R., 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. **The Lancet**. v. 370, pp.1253–1263.

MILLER, C; SWADDLING, D. C. Focusing NPD research on customer perceived value, In: Belliveau, P., Griffin, A. and Somermeyer, S. M. Eds. **PDMA tool book for new product development**, pp. 87–114, 2002.

MONT, O. K. Clarifying the Concept of Product–Service System. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, n. 3, pp. 237–245, 2002.

MONT, O; TUKKER, A. Product-Service Systems: reviewing achievements and refining the research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 17, p. 1451–1454, 2006.

MÜLLER, Julian Marius; BULIGA, Oana; VOIGT, Kai-Ingo. Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 2-17, 2018.

MÜLLER, A.; SCHMIDHUBER, J.; HOOGEVEEN, J.; STEDUTO, P. Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources. **Water Policy**, n. 10, pp.83-94, 2008.

NIDAGUNDI, P; NOVICKIS, L. Introduction to lean canvas transformation models and metrics in software testing. **Scientific Journal of RTU**. v. 19, pp.30-36, 2016

OSTERWALDER, A; PIGNEUR, Y.; BERNANDA, G.; SMITH, A. Value Proposition Design. **John Willey & Sons, Inc**, 2015.

POPKIN, B.M.; ADAIR, L.S.; Ng, S.W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. **Nutrition reviews**, v.70, n.1, pp. 3–21, 2012.

RIES,E.2011.Theleanstartup:Howtoday’sentrepreneursusecontinuous innovation to create radically successful businesses. New York: Crown Business.

RIBEIRO, J. L. D; ECHEVESTE, M. E. S; DANIELVICZ, A. M. F. A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços. Série –Monografia. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2001.

ROZENFELD, H; AMARAL, D. C; FORCELLINI, F. A; TOLEDO; J. C; SILVA, S. L; ALLIPRANDINI, D. H; SCALICE, R. K. Gestão do Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo. Saraiva: São Paulo, 2006.

SAKAO, Tomohiko; LINDAHL, Mattias (Ed.). Introduction to product/service-system design. **Springer Science & Business Media**, 2009.

SENAPATI, N., CHABBI, A., SMITH, P., 2018. Modelling daily to seasonal carbon fluxes and annual net ecosystem carbon balance of cereal grain-cropland using DailyDayCent: A model data comparison. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 252, pp.159-177.

SOMMERVILLE, I. Integrated requirements engineering: A tutorial. **IEEE software**, v. 22, n. 1, p. 16-23, 2005.

SHARMA, Mohita Gangwar; KUMAR, Gopal. Prioritizing quality of product and service dimensions with respect to a product-service system in the public transport sector. **Quality Management Journal**, v. 23, n. 4, p. 23-36, 2016.

SONG, W. Requirement management for product-service systems: Status review and future trends. **Computers in Industry**, v. 85, p. 11–22, 2017.

SURIVAGODA, L.D.B., DITTERT, K., LAMBERS, H. Mechanism of arsenic uptake, translocation and plant resistance to accumulate arsenic in rice grains. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.253, pp.23-37, 2018.

TANURE, R.L.Z.; CALLEGARO, A.M.; BUSS, A.S.; ECHEVESTE, M.E.; de PAULA, I.C.; ten CATEN, C.S. Association of customer value chain analysis to quality function deployment: different identified customers and requirements on development of CPM device. **Independent Journal of Management & Production**, v. 4, n. 1, p. 338-359, 2013.

TILMAN, D.; CLARK, M. Food, agriculture & the environment: can we feed the world & save the Earth? **Daedalus**, v.144, n.4, pp.8–23, 2015.

TISCHNER, U.; VEZZOLI, C. Module C: Product-Service Systems–Tools and Cases. Design for Sustainability (D4S): a step-by-step approach. **TuDelf: UNEP**, 2009.

TUKKER, A. Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? Experiences Suspronet. **Business Strategy Environmental**. v. 13, pp. 246-260, 2004.

ULRICH, K., EPPINGER, S. Product Design and Development. 6th Edition. **McGraw-Hill Education**, New York, 2015

USDA, United States Department of Agriculture., 2017. Grain: World Markets and Trade. Foreign Agricultural Service, Washington, USA.

WANG, X., CHEN, Y., SUI, P., YAN, P., YANG, X., GAO, W. Preliminary analysis on economic and environmental consequences of grain production on different farm sizes in North China Plain. **Agricultural System**, v.153, pp.181-189, 2017.

WEICK, C.W. Agribusiness technology in 2010: directions and challenges. **Technology in Society**, v. 23, n.1, pp.59-72, 2001.

WILSON, C.; TISDELL, C., 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. **Ecological Economics**, v. 39, pp.449–462, 2001.

YOUNG, R. The requirements Engineering Handbook. **Artech House, INC. Norwood**, 2004.

